

MODELO DE COTIZACIÓN PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE EQUIPOS MARCA CARRIER

LAURA MARCELA MELGUIZO NOSSA

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Mecatrónica

Hernán Darío Melguizo Vélez, Ingeniero Mecánico.



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
PROGRAMAS ACADÉMICOS EN LOS QUE SE ENMARCA
ENVIGADO
AÑO 2013**

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
1. PRELIMINARES.....	12
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1.1 Contexto y caracterización del problema	12
1.1.2 Formulación del problema	12
1.1.3 Delimitación del problema.....	12
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	13
1.2.1 Objetivo General.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 JUSTIFICACIÓN	13
2. MARCO DE REFERENCIA	15
2.1 PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS.....	15
2.1.1 Principio de Refrigeración.....	15
2.1.2 Ciclo de Refrigeración	16
2.1.3 Componentes Principales de un Sistema de Refrigeración.....	19
2.1.4 Variables de Medición	21
2.1.5 Chiller	22
2.2 MANEJO DE BASES DE DATOS.....	23
2.2.1 Bases de Datos	23
2.2.2 Diseño de Bases de Datos	25
2.2.3 Conceptos Básicos de Programación	27
2.2.4 Funciones.....	29
2.2.5 Programación Orientada a Objetos (OPP).....	29

2.2.6	Diseño de Formularios.....	30
2.2.7	Uso de Macros	32
3.	METODOLOGÍA.....	33
4.	REQUERIMIENTOS PREVIOS	34
4.1	PRINCIPALES EQUIPOS.....	34
4.1.1	Fan Coil Agua Fría.....	34
4.1.2	Unidades Manejadoras de Aire.....	34
4.1.3	Sistemas de Agua Fría	35
4.1.4	Torre de Enfriamiento	36
4.1.5	Equipos Expansión Directa.....	37
4.2	REQUERIMIENTOS DE LOS CLIENTES.....	38
4.3	CONTROLADORES CARRIER	38
4.3.1	i-Vu User Interfaces	40
4.3.2	Network Devices.....	41
4.3.3	Application Specific MultiProtocol Cotrollers	41
4.3.4	Programmable Controllers and Expanders.	42
4.3.5	Open Sensors.....	43
4.4	REQUERIMIENTOS DE COTIZACIÓN	44
5.	DISEÑO DE LA METODOLOGÍA DE SELECCION	46
5.1	DESARROLLO DEL PROGRAMA.....	46
5.1.1	Documentación de Datos	47
5.1.2	Definición de Criterios de Selección	49
5.1.3	Desarrollo de la Aplicación	51
5.1.4	Definición de las Funciones	54
5.2	PROCEDIMIENTO FINAL	55

5.3	EVALUACIÓN	59
6.	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES.....	62
	BIBLIOGRAFÍA.....	63

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Matriz de Control del Proceso.	55
Tabla 2. Matriz de Control del Fan Coil según Ilustración 5.	56
Tabla 3. Matriz de Control de Unidad Manejadora de Aire según Ilustración 6.	56
Tabla 4. Matriz de Control del Sistemas de Agua Fría según Ilustración 7.....	57
Tabla 5. Matriz de Control de Equipo de Expansión Directa según Ilustración 10.....	57

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Ilustración 1. Ciclo de Carnot.	17
Ilustración 2. Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor.	17
Ilustración 3. Variaciones de Presión y Temperatura en el Ciclo de Refrigeración.	18
Ilustración 4. Ciclo de Refrigeración.....	18
Ilustración 5. Condensador.	20
Ilustración 6. Válvula de Expansión	20
Ilustración 7. Evaporador	21
Ilustración 8. Concepto de Relación.....	24
Ilustración 9. BBDD Orientada a Objetos	25
Ilustración 10. Ejemplo del uso de una Clave Principal Externa como Relación entre Tablas. ...	26
Ilustración 11. Tipos de Datos.....	27
Ilustración 12. Estructuras de Selección y Repetición.....	28
Ilustración 8. Diseñador de Formularios, Barra de Herramientas y Ventana de Propiedades....	30
Ilustración 14. Cuadro de Ejecución de Macros.	32
Ilustración 15. Fan Coil Unit.	34
Ilustración 16. Unidad Manejadora de Aire.	35
Ilustración 17. Sistemas de Agua Fría Volumen Constante.....	36
Ilustración 18. Sistema de Agua Fría Volumen Variable.	36
Ilustración 19. Torre de Enfriamiento.	37
Ilustración 20. Equipo de Expansión Directa o Paquete.	37
Ilustración 21. Sistema de Control i-Vu.	39
Ilustración 22. Conexión de Red Maestro Esclavo	40

Ilustración 23. i.Vu Open.....	41
Ilustración 24. Dispositivos de Red.	41
Ilustración 25. Controladores de Aplicaciones Específicas	42
Ilustración 26. Controles Programables.	43
Ilustración 27. Sensores con Comunicación	44
Ilustración 28. Criterios de Selección de Controladores.	50
Ilustración 29. Criterios de Selección de Sensores de Temperatura.	50
Ilustración 30. Criterios de Selección de Sensores de Presión.	51
Ilustración 31. Criterios de Selección de Sensores de Flujo.....	51
Ilustración 32. Criterios de Selección de Sensores de Gas.....	51
Ilustración 33. Selección de Equipo.	52
Ilustración 34. Mensaje de Advertencia.....	53
Ilustración 35. Información Final Mostrada en el Formato de Facturación.....	54
Ilustración 36. Interfaz de Selección de Control Principal i-Vu.	58
Ilustración 37. Interfaz del Programa de Selección Principal.....	58
Ilustración 38. Interfaz de Selección de Sensores.....	59
Ilustración 39. Proceso de Desarrollo.	60
Ilustración 40. Comparación del Tiempo de Respuesta para los Clientes, Aplicando la Metodología Diseñada.	61

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO 1	65
ANEXO 2	66
ANEXO 3	67

SÍMBOLOS

ASHARE: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

TEMPERATURA: medida en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) o Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$).

BTU: cantidad de calor necesario para aumentar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit.

CALOR: medido en watts (watt) o BTU por hora (BTU/h)

CFM: capacidad de ventilación, flujo de aire. Medido en pies cúbicos por minuto (ft^3/m)

VAV: volumen de aire variable.

VVT: volumen y temperatura variable.

HVAC: Heating, Ventilation and Air Conditioning.

BAS: Building Automation Systems

PLC: Programmable Logic Controller.

SP: Set Point.

I/O: entradas y salidas de un sistema.

MS/TP NETWORK: red de comunicación, donde un nodo controla uno a más dispositivos. Relación Maestro Esclavo.

BACnet: Building Automation and Control Network.

CCN: Carrier Confort Network.

VFD: variador de frecuencia.

M: motor.

DPR: Differential Pressure Recorder.

TR: Temperature Recorder

PR: Pressure Recorder

HPR: High Pressure Recorder.

LPR: Low Pressure Recorder.

RESUMEN

En este trabajo se muestra el diseño de una metodología de selección de controladores Carrier para proyectos de automatización, basada en distintos criterios técnicos y funcionales de clasificación. A partir de conceptos elementales de refrigeración se llega a la instrumentación y control básico de los diferentes equipos mecánicos que componen un sistema de aire acondicionado, con lo cual se logran definir las principales variables que interfieren en el proceso, las cuales serán monitoreadas o configuradas.

Se organiza el trabajo en tres etapas principales, comenzando por una recolección y sistematización de información de diferentes dispositivos, su interpretación que lleva a la última etapa de diseño de un software que interactúe con el usuario, dándole criterios de selección de diferentes controladores, sensores y dispositivos de red, mostrando finalmente los datos en una plantilla de cotizaciones, que podrá ser enviada a los clientes, agilizando los procesos de licitación y otorgando mayor información técnica.

Se obtiene entonces una metodología de trabajo entregada a la empresa Refrimel E.U. E.U., cuya estructura está definida por una identificación de objetivos de control en un proyecto y los requerimientos de hardware y software a partir de lo cual se puede seleccionar y diseñar el sistema de control más adecuado.

Palabras clave: Protocolo BACnet, Sistema i-Vu, Controles Abiertos, Señales Análogas, Señales Digitales.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el mercado de sistemas de refrigeración y aire acondicionado está en crecimiento, debido al desarrollo de la construcción de viviendas y del sector industrial, por lo cual se está invirtiendo en diferentes tecnologías. En Colombia se ha presentado un crecimiento sectorial del 10%, influido principalmente por el buen presente del sector de construcción en el ámbito hotelero y por un mejor control que se está haciendo en la industria alimenticia. (ACR Latinoamérica, 2013)

Por tanto, las empresas comercializadoras de equipos de aire acondicionado se ven obligadas a presentar nuevos desarrollos tecnológicos que se adapten fácilmente a las exigencias del mercado, ofreciendo ahorro de espacio, ahorro de energía, equipos amigables con el medio ambiente y lo más importante, facilidad de operación y mantenimiento para el cliente, que se traduzca en un máximo confort para el usuario final.

Carrier, como empresa líder en aire acondicionado, calefacción y ventilación, cuenta con equipos de última tecnología; eficientes, de fácil servicio y alta confiabilidad, integrados a un sistema de automatización por medio de diferentes dispositivos, diseñados como Plug and Play, que proporcionan beneficios de fácil acceso a todo el sistema de refrigeración por medio de la Web, monitoreando y configurando cada uno de los equipos.

Este trabajo se desarrolla entonces con el fin de documentar y organizar toda la información referente a estos controladores y equipos adicionales de automatización, para ser ofrecidos al cliente pro medio de una cotización Para esto se diseña una metodología de selección de los dispositivos necesarios para determinado proyecto.

Se ha organizado en cinco capítulos. En el primer capítulo se encuentran los preliminares compuestos por el planteamiento del problema, los objetivos del proyecto y el marco teórico que proporciona los principios termodinámicos del proceso de acondicionamiento de aire. El siguiente capítulo hace referencia a la metodología usada para el diseño de la metodología de selección.

En el tercer capítulo comienza el desarrollo del trabajo, donde se documenta toda la información necesaria, comenzando por los equipos mecánicos y su instrumentación básica, los equipos de control disponibles, los requerimientos generales de los clientes y los términos comerciales para realizar una cotización. A continuación, el siguiente capitulo recopila toda esta información para el diseño de la metodología de selección, especificando el diseño de un software de ayuda, los criterios de selección de cada dispositivo y el procedimiento final que se recomienda.

El quinto capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones finales.

1. PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Contexto y caracterización del problema

Refrimel E.U. E.U. es una empresa creada para representar equipos de aire acondicionado y refrigeración marca CARRIER en todo el territorio colombiano. Su objetivo principal es atender la red de distribución en el país, siendo un canal de comunicación entre las oficinas de venta en Miami y los compradores nacionales.

En la actualidad, la gran mayoría de proyectos de aire acondicionado y refrigeración requieren un componente de automatización y control. CARRIER, como fabricante número uno en el mundo de equipos de aire acondicionado, cuenta con su propia línea de controles con un protocolo de comunicación CCN (Carrier Confort Network) o controladores con protocolo abierto Bacnet (I Vu). Sin embargo, la selección del sistema de control adecuado, según las especificaciones técnicas de un cliente en Colombia debe ser realizada desde Miami, generando una dependencia a CARRIER a pesar de poder ser un proceso realizado directamente por Refrimel E.U. en menor tiempo y proporcionando mayor información técnica, al definir las acciones de ingeniería necesarias para llevar a cabo el montaje, programación y arranque de los sistemas.

Este impedimento, surge debido a la falta de conocimientos necesarios para la selección de los dispositivos de control adecuados, para dar respuesta a los requerimientos de cada cliente y la carencia de una metodología para realizar las diferentes cotizaciones a partir de la selección previa de dispositivos, agilizando la recolección de información que debe suministrarse a los usuarios finales.

Hoy por hoy, en la empresa se realizan las diferentes selecciones mecánicas de los equipos y se agrupan variables de entrada y salida de los sistemas de automatización y control; pero la identificación de la unidad de control adecuada y sus puntos de conexión, la selección de sensores y actuadores y el análisis final de costos, debe ser ejecutada externamente. Por este motivo se generan limitaciones en los tiempos de entrega y en el servicio brindado, lo cual se presenta como una desventaja competitiva.

1.1.2 Formulación del problema

Debido a la alta demanda de equipos de aire acondicionado en el país, se hace necesaria la implementación de una metodología para realizar las diferentes selecciones y cotizaciones de sistemas de control para equipos de aire acondicionado, chillers específicamente, identificando las variables a medir, los procesos a intervenir y los dispositivos necesarios para la automatización del proceso; logrando mejores tiempos de respuesta al cliente e independencia como representantes de una marca.

1.1.3 Delimitación del problema

Inicialmente se realizará la metodología de selección de controladores para equipos chiller, cuyo funcionamiento se basa en remover calor a partir de agua helada. Se deberán distinguir entonces los diferentes dispositivos de control necesarios para su correcto funcionamiento. Adicionalmente,

se limitan los dispositivos de control, sensores y actuadores, excluyendo válvulas y bombas, ya que estas no hacen parte del stock de Carrier.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Implementar un modelo de selección y cotización en proyectos de automatización y control para los sistemas de aire acondicionado chiller marca CARRIER, a partir de la selección de variables y procesos a intervenir.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los principales requerimientos de los clientes para presentar una cotización.
- Generar una base de datos con los dispositivos de control distribuidos por CARRIER.
- Plantear un modelo de cotización definiendo puntos de control, sensores, actuadores, programadores; sus funciones y costos.
- Diseñar una interfaz de usuario que permita definir y cotizar los productos a ofrecer.
- Desarrollar una metodología de selección de dispositivos de control para equipos chiller.
- Realizar pruebas y asegurar el funcionamiento de la metodología a implementar.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Siendo Refrimel E.U. una de las empresas líderes en el mercado de aires acondicionados y refrigeración en Colombia, se hace necesario mantener una ventaja competitiva en cuanto a tiempos de respuesta y servicio brindado al cliente.

Por tanto, el sistema a implementar pretende agilizar el proceso de cotizaciones y la prestación de un mejor servicio, a partir de las estrategias adecuadas para la selección del controlador que satisfaga las necesidades de cada cliente. Estas estrategias serán sistematizadas en un proceso para el análisis de cada uno de los requerimientos de los clientes, clasificando y relacionando en una base de datos la información necesaria para la adecuación de sensores, actuadores y programadores.

Así, la empresa contará con un servicio integral ya que se tendrá mayor dominio del tema por parte de los empleados de Refimel, al tener acceso a información normalizada e involucrándose directamente en la selección de los dispositivos de control siguiendo la metodología planteada, ofreciendo un servicio de atención al cliente que genere mayor reconocimiento para la empresa.

Se buscará entonces reducir costos operativos con esta estrategia administrativa, seleccionando un dispositivo que brinde satisfacción en el cliente al mismo tiempo que garantice una operación confiable, reduciendo tiempos de instalación y simplificando la detección de fallas.

Asimismo, Refrimel E.U. se compromete a brindar la información necesaria para la creación de la base de datos y correcta clasificación de controladores, proceso innovador para la empresa que traerá facilidades en los procesos de licitación, selección, cotización e implementación de un proyecto.

2. MARCO DE REFERENCIA

En este apartado se presentan los conceptos necesarios para dar soporte al desarrollo del trabajo. Se hace mención en primer lugar a los principios termodinámicos bajo los cuales se rige el funcionamiento de los equipos que conforman un sistema de aire acondicionado

Posteriormente, se mencionan las tareas realizadas en Excel, como la programación y ejecución de macros para el análisis de la base de datos, con el fin de entregar una interfaz de usuario idónea para la selección de equipos de control de aire acondicionado.

2.1 PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS

2.1.1 Principio de Refrigeración

Los equipos de aire acondicionado están basados en un proceso termodinámico, fundamentado en la transmisión de calor a una sustancia de trabajo llamada refrigerante, que al estar en contacto con el ambiente condensa el vapor de agua, moderando la temperatura y humedad.

Este principio está basado en el contacto térmico, que se refiere a la interacción de dos sistemas cuya frontera es diatérmica, es decir, que permite el flujo de energía en forma de calor desde o hacia el sistema. A partir de este principio, se enuncian las leyes de la termodinámica, que dictan que si un sistema está en contacto con otro cuya temperatura es menor, se establece una transferencia de energía térmica del primer sistema al segundo, hasta alcanzar un equilibrio térmico. (Hoyos Et Al, 2009)

Lo anterior, debido a que la materia siempre tiende a estados de menor energía, en esta caso que el calor siempre va de un cuerpo caliente a otro más frío, con un grado de transmisión directamente proporcional a la diferencia de temperaturas entre los cuerpos.

La transmisión del calor se realiza entonces por convección, donde el flujo de calor es transportado por un fluido. Esta sustancia o refrigerante, debe cumplir con condiciones de estado, es decir, puede presentarse en estado líquido y gaseoso dependiendo de las condiciones de presión y temperatura a las cuales esté sometido. El calor, al ser absorbido por esta sustancia, puede afectarla de dos formas: aumentando su temperatura o generando un cambio de estado de líquido a gaseoso sin ninguna variación en su temperatura; igualmente, el cambio de estado de gaseoso a líquido o condensación se logra al rechazar la misma cantidad de calor que absorbió en la evaporación. (Copeland, 2000)

Se sabe que esta variación de estados depende de las moléculas que forman la materia, que al estar en estado líquido se mantienen más juntas, mientras que en estado gaseoso se encuentran separadas y se mueven más libremente. Por tanto, la energía en forma de calor absorbida por la sustancia líquida se convierte en energía molecular, que da como resultado la reestructuración de estas moléculas, y por ende un cambio de estado. Del mismo modo, cuando se pasa de un líquido a gaseoso, la energía molecular se transforma en energía en forma de calor.

La absorción de calor para cambiar un líquido a vapor es la clave del proceso entero de refrigeración mecánica. A esta cantidad de calor necesaria para cambiar una sustancia de estado,

se le llama calor latente, y específicamente calor latente de evaporación o condensación. Debido a la gran cantidad de calor latente que interviene en la evaporación y en la condensación, este proceso es muy eficiente, y se aplica a cualquier sustancia, variando las condiciones de temperatura y presión únicamente.

Aquí se hace énfasis entonces en la relación que tienen la presión y temperatura. En los líquidos se debe tener en cuenta que la temperatura a la cual se evapora una sustancia depende de la presión ejercida sobre esta, ya que la ebullición se presenta cuando la presión de la sustancia al calentarse (o la presión de las moléculas al separarse) iguala la presión atmosférica o del ambiente. Así, se tiene que la presión es el principal medio para regular la temperatura del refrigerante.

El próximo problema que enfrenta el proceso de refrigeración es entonces la eliminación del calor que ha sido absorbido del ambiente. Por tanto, se hace necesario conocer la relación de presión y temperatura que presentan los gases, que está basada en la ley de los gases ideales.

Esta describe el efecto del gas al cambiar su presión, temperatura o volumen, lo cual ayuda a prever el efecto necesario al que se debe inducir el gas refrigerante para deshacerse del calor absorbido, el cual sería aumentar la presión logrando que la temperatura de saturación (o condensación) sea mayor a la temperatura de un agente enfriante, agua o aire, asegurando una transmisión de calor de la manera más eficiente. Así, el agente enfriante absorbe este calor, y el refrigerante baja su temperatura a punto de rocío. (Copeland, 2000)

En resumen, un cambio de estado de líquido a vapor y viceversa permite al refrigerante absorber y rechazar calor de forma eficiente.

2.1.2 Ciclo de Refrigeración

En un ciclo frigorífico, se tiene un material a enfriar con mayor energía en forma de calor que el refrigerante o fluido de trabajo que se convierte en el receptor del exceso de calor. Igualmente, el fluido de trabajo transfiere este calor absorbido al entorno, siempre y cuando su temperatura sea mayor a la del exterior. El fluido, material o región de mayor temperatura se denomina fuente térmica mientras el fluido, material o región de baja temperatura recibe el nombre de sumidero. La interacción de estos elementos permite la transferencia de calor, con el fin de que un sistema o región mantenga cierto perfil de temperatura deseado, a expensas del consumo de energía como trabajo, al accionar un equipo como el compresor. (Restrepo, 2011)

Este proceso se basa en un ciclo termodinámico llamado Ciclo de Carnot inverso, que indica como el calor se transfiere idealmente a un fluido desde una fuente o región caliente T_H , hasta una región fría T_C , formando una máquina frigorífica. Durante este ciclo, el fluido experimenta cambios de estado a temperatura constante o isotérmica en los puntos 2 a 3 que suponen el condensador y en los puntos 4 a 1 que suponen el evaporador, transfiriendo calor de la fuente caliente al fluido, o del fluido a la fuente fría de forma reversible. Adicionalmente, el refrigerante se expande en los puntos 3 a 4 y se comprime en los puntos 1 a 2, manteniendo la entropía constante, es decir que se realiza un trabajo igual a la energía absorbida o cedida en forma de calor, por lo cual la temperatura en esta parte del proceso disminuye en la expansión y aumenta en la compresión. (Wark, 2001)

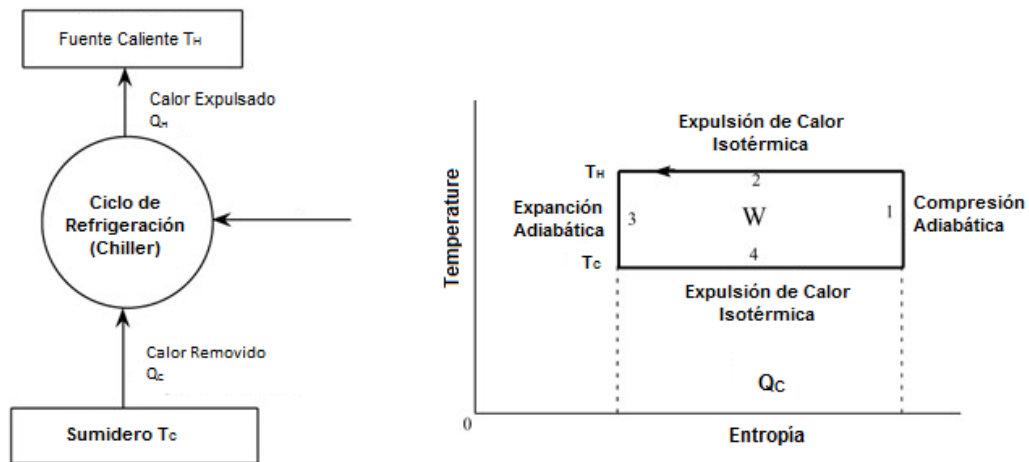


Ilustración 1. Ciclo de Carnot. (CHOON NG, 2004)

Las líneas horizontales del gráfico indican la transferencia de calor de forma isotérmica, mientras las líneas verticales indican los procesos de compresión y expansión sin ningún intercambio de calor fuera del sistema (adiabático). El área del cuadrado nos indica la cantidad de trabajo requerida para todo el proceso, mientras el área punteada muestra la energía de refrigeración producida, logrando un máximo coeficiente de eficiencia en el proceso, ya que no existen pérdidas de calor siendo un proceso reversible. (Choon, 2004)

Sin embargo, este ciclo de refrigeración es solo un estándar de comparación para sistemas reales, que se modifica para una sustancia de trabajo que cambia de fase, generando un nuevo ciclo llamado refrigeración por compresión de vapor. Por ende, el trabajo obtenido en este proceso es muy bajo, por lo que se sustituye la turbina por una válvula obturadora, regulando el lado de alta y baja presión del gas refrigerante.

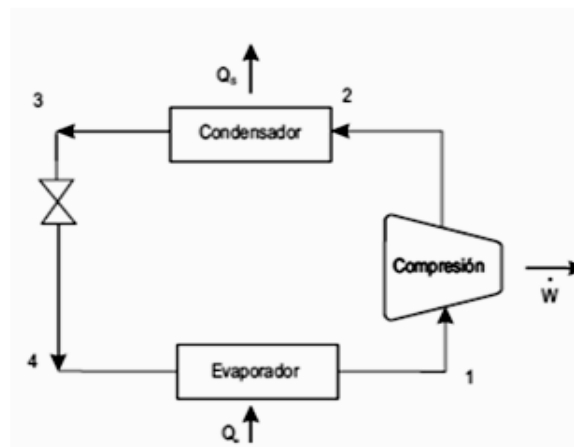


Ilustración 2. Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor. (Hoyos, 2009)

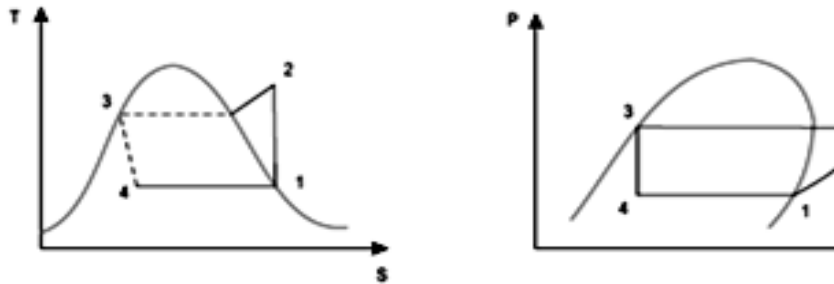


Ilustración 3. Variaciones de Presión y Temperatura en el Ciclo de Refrigeración. (Hoyos, 2009)

El vapor saturado a baja presión comienza el ciclo en el compresor, donde sufre un aumento de presión adiabático, pasando de vapor saturado a vapor sobrecalentado. Se procede entonces a rechazar calor a presión constante, donde el fluido de trabajo se condensa en forma de líquido saturado, para luego realizar una restricción de paso u obturación por medio de una válvula que finalmente da paso al evaporador, donde el fluido de trabajo se evapora a presión constante, absorbiendo calor hasta formar un vapor saturado y comenzar nuevamente el ciclo. Al final del proceso, se logra entonces mantener un espacio refrigerado a temperatura T_1 con respecto a la temperatura ambiente T_3 . (Wyllen, 2002)

Bajo los principios previamente vistos, se puede lograr refrigeración continua mediante cuatro componentes principales: el condensador, compresor, evaporador y una válvula de expansión, que llevan el refrigerante a sus diferentes cambios de estado con el fin de transportar el calor absorbido de un salón hacia el exterior. El refrigerante circula por todo el circuito, sirviendo como medio de transporte para el calor absorbido, desde el evaporador hasta el condensador, donde es finalmente disipado a la atmósfera, o en el caso de sistemas enfriados por agua, al agua de enfriamiento.

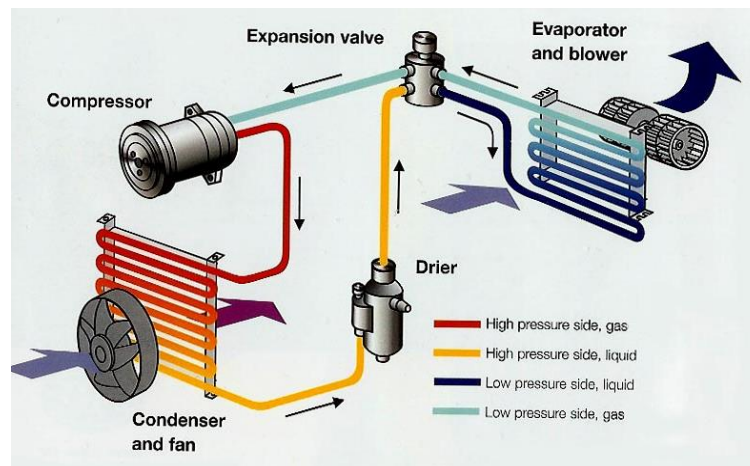


Ilustración 4. Ciclo de Refrigeración. (Movacs, 2013)

Primero se da paso al refrigerante líquido a alta presión a través de una válvula de expansión termostática, la cual sirve como elemento de control que separa, el lado de alta presión, del de baja presión, alimentando al evaporador. La reducción de presión en el refrigerante líquido provoca que este se vaporice al absorber el calor del exterior en su paso por el evaporador.

Posteriormente el vapor que sale a baja presión pasa al compresor, encargado de bombear y comprimir el refrigerante, aumentando su presión y temperatura. De allí, se dirige al condensador, donde el refrigerante es enfriado por algún medio externo, agua o aire, hasta alcanzar su temperatura de saturación, condensándose para repetir el ciclo nuevamente.

2.1.3 Componentes Principales de un Sistema de Refrigeración

- **Compresor:** El compresor tiene dos funciones primordiales: primero aspirar el refrigerante en forma de vapor que llega del evaporador, reduciendo la presión en este equipo, con el fin de mantener la temperatura de evaporación deseada. La siguiente función del compresor es aumentar la presión y temperatura del refrigerante en estado gaseoso, con el fin de mantener una temperatura de saturación superior a la del medio enfriante disponible para la condensación posterior. Su comportamiento se asimila entonces a una bomba de circulación, aspirando e impulsando el gas refrigerante, mientras modifica sus condiciones de presión y temperatura. (Trejo, 2009)

Se diferencian tres principales tipos de compresores: reciprocantes, rotativos o centrífugos. Su funcionamiento consiste básicamente en crear un vacío o una reducción de presión en el compresor, obligando al gas refrigerante a ingresar a este. Posteriormente, el gas se comprime por medios mecánicos, elevando la presión del vapor refrigerante, que por una diferencia de presión se da paso a través de válvulas de descarga hacia el condensador.

- **Condensador:** Es un intercambiador de calor, donde el refrigerante en estado gaseoso, a alta presión y temperatura, cede calor a un medio enfriante externo, disminuyendo su temperatura al punto de saturación, por lo cual el vapor se condensa convirtiéndose en líquido.

El mecanismo de este equipo es similar al del evaporador, aunque su propósito es inverso. Consiste generalmente en tubos con aletas en su exterior, encargadas de disipar el calor. El ventilador produce descarga de aire, que será el encargado de absorber el calor del refrigerante. También podemos encontrar condensadores enfriados por agua, donde el refrigerante está en contacto con agua fresca, encargada de absorber el calor del refrigerante, para darle paso a la válvula de expansión. (Trejo, 2009).

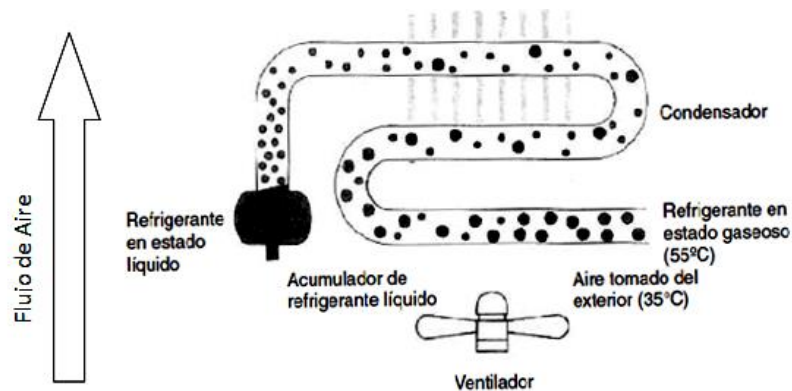


Ilustración 5. Condensador. (Salvador, 2013)

- **Válvula de Expansión:** Esta válvula se encarga principalmente de regular el flujo a través del evaporador conforme sea necesario, con el fin de mantener determinada presión y una diferencia de temperatura entre la temperatura de evaporación y el vapor que se obtiene del evaporador. A medida que la temperatura del gas que sale del evaporador varía, la válvula actúa para modular la alimentación del líquido al evaporador. Si la temperatura del refrigerante que se obtiene del evaporador es muy alta, la válvula da paso a un flujo abundante de refrigerante.

Su funcionamiento consiste comúnmente en la regulación del flujo de refrigerante líquido que pasa al evaporador, por medio de un vástago y asiento de tipo aguja que varían el orificio de abertura según sea requerido por el evaporador. (Trejo, 2009)

Esquema VET

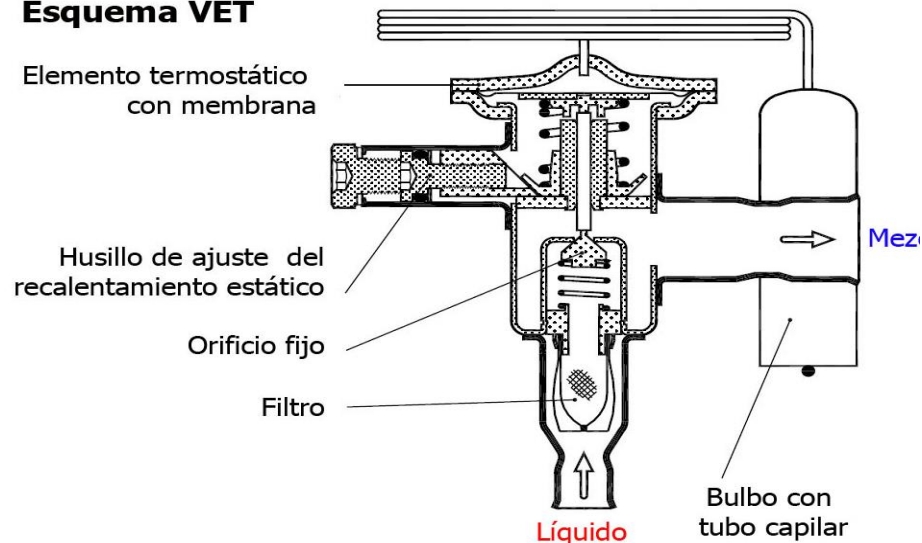


Ilustración 6. Válvula de Expansión. (Dossat, 2001)

- **Evaporador:** En el evaporador se da lugar la evaporación del refrigerante al absorber el calor del ambiente. Generalmente, el refrigerante viaja por tubos con aletas extrayendo el calor del aire que pasa a través del serpentín mediante un ventilador.

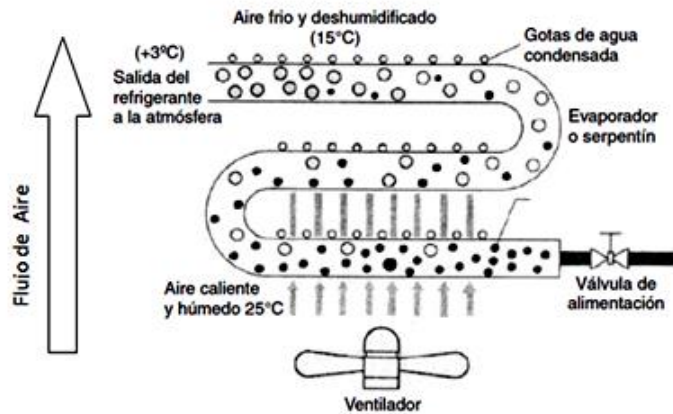


Ilustración 7. Evaporador. (Salvador, 2013)

Este es el componente esencial de cualquier instalación de refrigeración, pues es donde se “produce frío”, ya que después de estar en contacto con el evaporador, el aire sale frío y seco, abandonando vapor de agua sobre la superficie de este.

2.1.4 Variables de Medición

- **Temperatura:** Es la medida de la capacidad de los sistemas para intercambiar energía térmica o calor, hasta llegar a un equilibrio térmico. Puede ser dada en escalas absolutas o relativas. Las primeras se construyeron a partir de dos puntos fijos, el punto de congelación y el punto de ebullición del agua a nivel del mar. A esta escala hacen parte los grados Celsius y Fahrenheit. Por el contrario, Kelvin y Rankine son escalas de medición absoluta, ya que se basan en la temperatura del punto triple del agua, que corresponde a la temperatura de equilibrio entre las tres fases de esta sustancia: Agua, vapor y hielo, encontrando un valor de 273,16 K. (Wark, 2001)

Esta variable es medible debido a que al modificar la temperatura, algunas propiedades físicas de la materia varían proporcionalmente a esta, como el volumen o la resistencia eléctrica, estableciendo una relación para el cálculo de la temperatura.

El instrumento de temperatura más conocido es el termómetro de bulbo, el cual contienen un líquido como el mercurio o el alcohol, que al aumentar la temperatura aumenta su volumen, extendiéndose por el capilar y dando la medida de temperatura en función de la longitud alcanzada por el líquido. También existen termómetros de gases como el hidrógeno y helio, que otorgan mayor precisión y exactitud a las medidas. La temperatura en este caso es calculada en función de la presión del gas, que actúa como sustancia termométrica.

También existen sensores de temperatura que trabajan bajo diferentes principios eléctricos. Los termopares por ejemplo, funcionan según la fuerza electromotriz generada entre dos metales distintos. Uno de estos metales servirá como medida al estar en contacto con el ambiente a registrar, y el otro sirve como referencia. El voltaje se genera entonces según la diferencia de temperatura entre ambos.

Los termistores a su vez sensan la temperatura según la variación en su resistencia eléctrica. En algunos metales semiconductores, se crea una variación en la concentración de portadores al aumentar la temperatura, generando un cambio notable en su resistencia, que los hace convenientes para aplicaciones que requieran una medición muy precisa.

Por último, se menciona un conjunto de instrumentos sensibles a la radiación conocidos como pirómetros, que relaciona la intensidad irradiada con la temperatura de un objeto, sin estar en contacto directo. Este instrumento representa una ventaja a la hora de medir temperaturas en cuerpos móviles o a temperaturas muy elevadas. (Moran Et Al, 2004).

- **Presión:** Se define como la fuerza normal por unidad de área que actúa sobre un punto. La presión puede variar en diferentes puntos dependiendo de la presión atmosférica junto con la altura o profundidad en volúmenes de fluidos. Esta variable se mide en pascles (N/m²) según el SI, además del bar, la atmósfera (atm) y milímetros de mercurio (mm Hg). (Wark, 2001)

La presión atmosférica es ampliamente usada como referencia para diferentes mediciones, y se refiere a la presión creada por el peso de la atmósfera, estandarizada en 1 atm o 10⁵ N/m², sabiendo que puede variar según la altitud del lugar de la medición.

Los principales instrumentos de medida de esta variable son el manómetro y el barómetro. El primero mide la diferencia de presión del sistema respecto a la atmosférica, en función de la altura de una columna de líquido. El barómetro funciona por medio de un diafragma que se mueve según la presión ejercida, convirtiéndose en una medida de presión en función de la deformación de este mecanismo.

Adicionalmente, se pueden encontrar sensores piezoeléctricos, que generan carga según la deformación de ciertos materiales, al ejercer una presión sobre estos. Otros sensores constan de una membrana que se contrae al aplicar una fuerza sobre ella, cambiando alguna de sus propiedades eléctricas (resistencia, inductancia o capacitancia).

Por último, para múltiples aplicaciones se hace uso de sensores de diferencial de presión, que realizan una medida de presión en dos puntos. Posteriormente, por medio de lógica de comparación se entrega una salida eléctrica según sea mayor o menor la presión del segundo punto de toma de presión. (Moran Et Al, 2004).

2.1.5 Chiller

El agua helada es generada a partir de un sistema de refrigeración, que puede ser utilizado en aplicaciones de aire acondicionado o a nivel industrial. En este proceso el agua fría circula constantemente extrayendo calor del ambiente, a su vez transferido a un gas refrigerante que por ultimo transportará esta carga térmica al exterior

El chiller, es el componente principal de un sistema de climatización centralizado, donde se transporta agua helada hacia unidades ubicadas en los puntos o habitaciones que se desea climatizar, llamadas fan coils, donde se realizará el intercambio de calor.

Inicialmente el agua que retorna después de estar en contacto con el aire exterior, a una temperatura alta, es transportada hacia un evaporador, intercambiador de calor por el cual circula el refrigerante a menor temperatura que el agua con la cual estará en contacto. Este proceso logra transferir la carga térmica del agua al refrigerante, retornándola a menor temperatura para su continua circulación en la habitación o proceso a enfriar, mientras el refrigerante cambia de estado líquido a gaseoso, debido a la absorción del calor. Posteriormente, se debe realizar un tratamiento térmico al refrigerante, que aumentó su temperatura al absorber calor del agua. Por tanto, se realiza un circuito distinto, que consiste en un ciclo de refrigeración, previamente mencionado.

Los chillers se requieren para aplicaciones donde los ambientes a climatizar son muchos, y se encuentran a grandes distancias o en procesos que requieren altos grados de salubridad. El agua cumple con ciertas propiedades físicas y termodinámicas, que la hacen ideal como sustancia refrigerante; como su densidad, calor específico, facilidad de manejo y economía. El agua que está sometida a presión atmosférica de 14.7psi, se evaporará al alcanzar una temperatura de 212°F. En un tanque cerrado, donde la presión se pueda controlar, la temperatura de evaporación aumenta proporcionalmente con el aumento de la presión. Sin embargo, estos cambios de temperatura también pueden presentar una desventaja, por su alta temperatura de congelación. (Dorregaray, 2008)

A pesar de que los chillers representan una inversión de capital más alta, los gastos operativos tienden a disminuir, sobretodo en aplicaciones de gran envergadura. Su mantenimiento es menor y su eficiencia mucho mayor disminuyendo costos de energía, y aunque requiere mayor espacio para el chiller sus unidades manejadoras son compactas.

Se debe tener en cuenta si la refrigeración en el condensador se hace por agua, se requiere una torre adicional. Es ventajosa si se tiene fácil acceso a agua fresca, ya que son más compactos por las excelentes características de transferencia de calor que posee el agua.

2.2 MANEJO DE BASES DE DATOS

2.2.1 Bases de Datos

Las bases de datos simplifican la mayoría de los procesos al contener información actualizada, detallada y precisa; cuyo objetivo es la toma de decisiones al optimizar procesos de consulta. Una base de datos se conforma por cierta información relacionada, que está disponible para ser manipulada de cierta forma por un usuario.

Se distinguen varios tipos de bases de datos, según la información almacenada y la exigencia del proceso a solucionar.

- Jerárquicas

Los datos se organizan según un orden de prioridad, que guardan relación según el grupo o subnivel donde este ubicados, creando ciertas dependencias entre grupos de datos.

Este tipo de bases de datos permite cambiar fácilmente el nivel de detalle en una consulta, sin embargo se puede incurrir a problemas de duplicidad de registros.

- Simples

Estas bases de datos cuentan con una única tabla, donde los datos se relacionan por medio de una o dos características a lo sumo.

- Relacionales

Gracias a esta organización se pueden relacionar dos tipos de registro diferentes, ubicados en tablas distintas, representando información sobre los diferentes objetos almacenados en estas.

Gracias a este tipo de análisis de datos, se puede contar con mayor flexibilidad, permitiendo combinar información de las distintas tablas, definidas por un conjunto de atributos que caracterizan a cada uno de los registros que allí se encuentran. Se tienen entonces ciertas entidades u objetos que se relacionan con otros por medio de una asociación lógica y operacional.

En el siguiente ejemplo, se puede distinguir una correspondencia relacional entre un alumno y las materias a cursar:

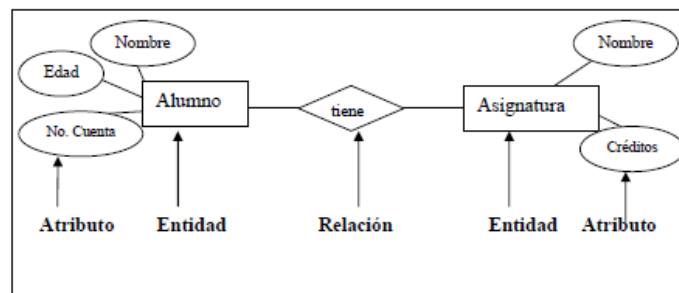


Ilustración 8. Concepto de Relación. (Mendoza)

- BBDD Orientada a Objetos

Aunque está ampliamente relacionada con el concepto anterior, este tipo de bases de datos cuenta con estructuras de información más complejas y por ende son más flexibles, ya que trata los problemas de forma realista, modelándolo como un conjunto de elementos que se interrelacionan entre sí para solucionar el problema. (Mendoza)

Estos elementos u objetos que conforman la base de datos se agrupan en un conjunto llamado clase, el cual define sus características o propiedades. Adicionalmente, cada objeto cuenta con una característica propia denominada estado, que puede o no compartir con los otros objetos pertenecientes a una misma clase. Por último, se tiene un encapsulamiento, el

cual es definido por el programador, donde da indicaciones a cada objeto sobre cómo comportarse ante determinado estímulo o mensaje.

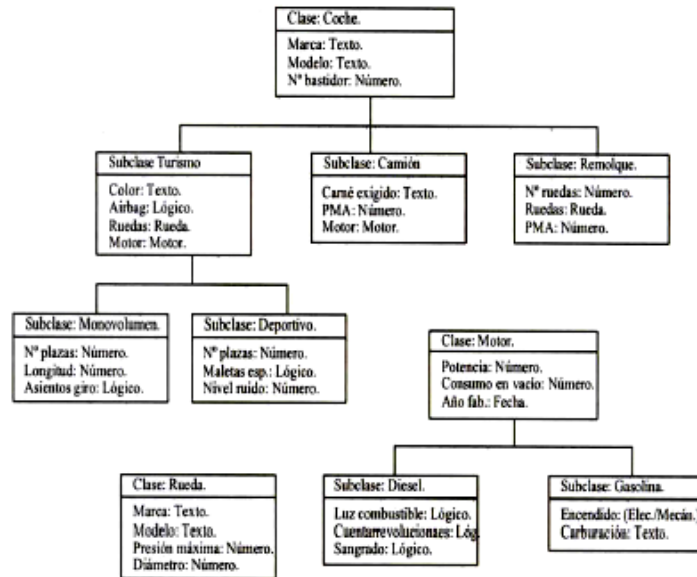


Ilustración 9. BBDD Orientada a Objetos (Mendoza)

2.2.2 Diseño de Bases de Datos

La importancia de este apartado radica en la facilidad de acceso conveniente a la información que se desea obtener. Visual Basic almacena los datos de forma relacional, sin embargo las tablas o celdas de Excel pueden ser manipuladas como objetos.

Inicialmente, se debe tener en cuenta que las tablas creadas para almacenar datos deben estar clasificadas según temas o características propias de la información, con el fin de combinar varios tipos de información de forma simple y organizada según los requerimientos del usuario.

El primer paso para diseñar esta base de datos es determinar su objetivo, cómo y para qué será usada, con lo cual se puede determinar los temas principales (o cantidad de tablas) y la cantidad de datos sobre cada uno de estos temas. Esta división en tablas es esencial, debido a que en esta estructuración se reduce la posibilidad de error, teniendo en cuenta el uso de los datos, su asociación con otra información y la necesidad de ser constantemente consultados o modificados. En muchos casos es conveniente repetir datos en diferentes tablas, con el fin de prevenir eliminar información valiosa, estudiando cuales temas son fundamentales para los informes que se desea obtener.

Adicionalmente, después de tener el tema de la tabla se debe proceder a determinar los campos, es decir los atributos con los cuales contará cada registro ubicado en filas. De este modo, todos los elementos en una fila comparten el mismo tipo de campos o atributo, que a su vez se debe relacionar con el tema de la tabla.

Se recomienda no incluir datos derivados o calculados en una tabla, para lo cual se reservan mejor los procedimientos de Visual Basic, evitando almacenar datos que no son imprescindibles a la hora de generar el formulario pedido. Por el contrario, la información plasmada en cada registro debe contener el componente lógico más pequeño, es decir, se debe evitar combinar más de un tipo de información en un campo, imposibilitando la abstracción de datos individuales y concisos.

La eficacia de estos sistemas se evalúa finalmente según su capacidad de búsqueda y agrupación de la información almacenada en las tablas, para lo cual se debe identificar cada registro según el tema general de la tabla y sus atributos específicos, de forma individual. A esta clasificación se le denomina clave principal, campo en el cual no se duplican registros o se encuentran registros nulos y gracias a los cuales se relacionaran los datos para la posterior presentación de informes.

Ya que estos campos de clave principal son los encargados de realizar los filtros de búsqueda por medio de comprobación de cada uno de sus caracteres, se recomienda usar registros cortos, ya que de esto depende la velocidad de las operaciones realizadas a la base de datos.

Al ser un sistema de administración relacional, Visual Basic realiza operaciones y manipulación de datos entre tablas según ciertas relaciones existentes entre tablas, determinadas al agregar la clave principal de una tabla a la otra. A continuación se presenta un ejemplo de una relación creada entre tablas de empleados y ordenes realizadas.



Ilustración 10. Ejemplo del uso de una Clave Principal Externa como Relación entre Tablas. (Mendoza)

A continuación se muestran tres tipos diferentes de relación que pueden presentar las distintas tablas de una base de datos (Microsoft Co, 1998):

- Uno a Varios: Un registro de la tabla A tiene más de un registro coincidente en la tabla B, pero los registros en la tabla B únicamente coinciden con un único registro de la tabla A.
- Varios a Varios: Tanto registros de la tabla A como de la tabla B, se relaciona con más de un registro de la otra tabla. En esta relación, debe tenerse presente los dos sentidos que puede tener.

Esto supone un problema en el diseño de la base de datos, al no obtener la información necesaria con una sola clave principal. Se debe entonces crear una tercera tabla que divida la relación varios a varios, en dos relaciones distintas, donde se muestran los campos principales de las dos tablas, y a partir de operaciones que unifiquen ambos, definiendo un registro único.

- Uno a Uno: Un registro de la tabla A no cuenta con más de un registro coincidente en la tabla B, y viceversa. Estas relaciones son poco usuales, ya que puede estar incurriendo en una redundancia de información o la inclusión de información que no es necesaria.

2.2.3 Conceptos Básicos de Programación

En el desarrollo de la interfaz de usuario para seleccionar los distintos dispositivos de control, se crean y programan distintos formularios en Visual Basic para aplicaciones (VBA), disponible en cualquier paquete de Microsoft Office.

Esta herramienta permite la manipulación, análisis y presentación de datos para tareas que se realizan de forma repetitiva, por medio de macros, que no son más que procedimientos paso a paso generados bajo diferentes secuencias de instrucciones, permitiendo realizar ciertas aplicaciones con rapidez y facilidad, además de evitar cometer errores en el proceso.

Para escribir un código, Visual Basic cuenta con las siguientes herramientas de diseño: Formularios, clases y menús; que se integran fácilmente mediante comandos, funciones y operadores, generando una interfaz de usuario que se ejecuta como respuesta a ciertas acciones realizadas por este. (Microsoft Co. 1998)

La programación se basa en la manipulación de datos, los cuales se clasifican según su tipo, que se refiere a cierta característica que determina la forma en la cual se pueden usar además de la manera en que son almacenados. Las principales categorías que se distinguen se enlistan en la siguiente tabla:

Tipo	Descripción	Carácter de declaración	Rango
Boolean	Binario		True o False
Byte	Entero corto		0 a 255
Integer	Entero (2 bytes)	%	-32768 a 32767
Long	Entero largo (4 bytes)	&	-2147483648 a 2147483647
Single	Real simple precisión (4 bytes)	!	-3.40E+38 a 3.40E+38
Double	Real doble precisión (8 bytes)	#	-1.79D+308 a 1.79D+308
Currency	Número con punto decimal fijo (8 bytes)	@	-9.22E+14 a 9.22E+14
String	Cadena de caracteres (4 bytes + 1 byte/car hasta 64 K)	\$	0 a 65500 caracteres.
Date	Fecha (8 bytes)		1 de enero de 100 a 31 de diciembre de 9999. Indica también la hora, desde 0:00:00 a 23:59:59.
Variant	Fecha/hora, números enteros, reales, o caracteres (16 bytes + 1 byte/car. en cadenas de caracteres)	ninguno	F/h: como Date números: mismo rango que el tipo de valor almacenado
User-defined	Cualquier tipo de dato o estructura de datos. Se crean utilizando la sentencia Type (Ver Apartado 3.10)	ninguno	

Ilustración 11. Tipos de Datos (Cabello, 2013)

Para categorizar un tipo de dato, se debe declarar con el fin de guardarlo en la memoria para ser utilizado posteriormente en módulos o subrutinas. Esta denominación consta de un conjunto continuo de caracteres, no mayor a 250, comenzando con la instrucción Dim y finalizando en el tipo de dato que se almacenará. (Cabello, 2013)

Gracias a los operadores se pueden vincular datos del mismo tipo de forma aritmética, lógica, de concatenación o relacional. Adicionalmente, las funciones preestablecidas de Visual Basic o algunas creadas por el usuario, también permiten la manipulación de datos, comprobando el tipo o dato guardado en una variable, operaciones matemáticas más complejas, conversiones, entre otros.

Cada una de las operaciones anteriores es generada por medio de una instrucción, que puede ser activada según comandos que determinan cuando y con qué frecuencia se ejecuta. Estos comandos permiten realizar bifurcaciones condicionales y bucles para el control de flujo del programa. Los primeros someten a prueba ciertas condiciones lógicas y en función del resultado se realizan determinadas operaciones. Los comandos para realizar esta función son IF y SELECT CASE, que solo se ejecutan si la condición a evaluar tiene valor lógico verdadero.

El segundo comando permite ejecutar líneas de instrucción tantas veces como sea requerido. Los comandos para realizar estos bucles son SCAN, FOR y DOWHILE. Estos son necesarios para el recorrido y análisis de bases de datos, permitiendo ejecutar una instrucción varias veces, al tiempo que se recorren los registros de una tabla, leyéndolos o modificándolos. Funcionan mediante instrucciones lógicas que validan las veces que se debe ejecutar la instrucción o el momento en el cual debe parar de ejecutarse. (Microsoft, 1998)

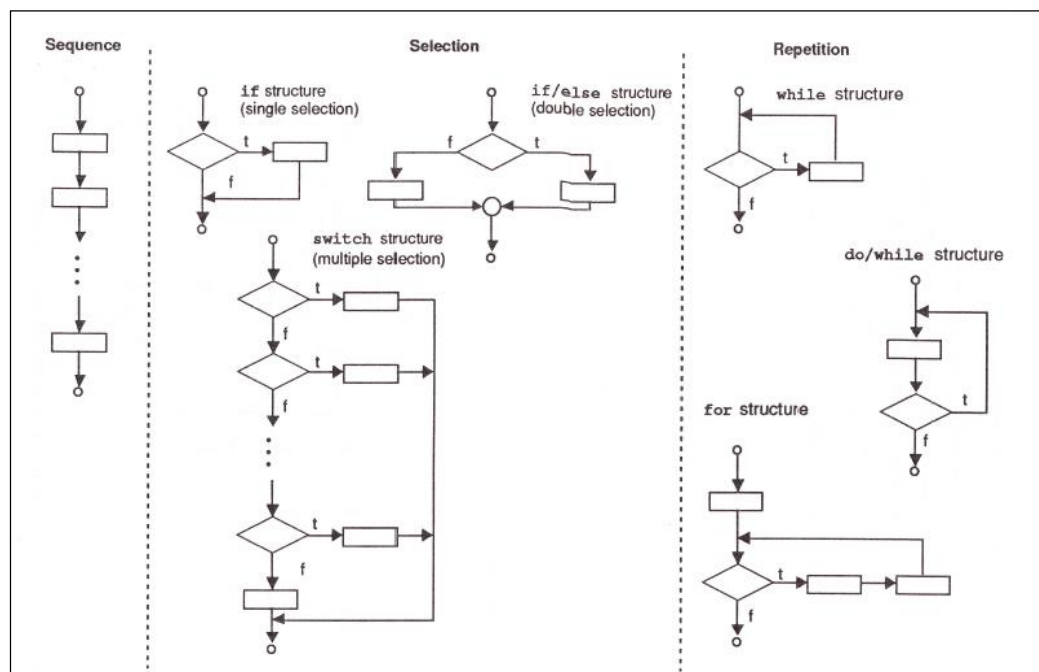


Ilustración 12. Estructuras de Selección y Repetición. (Deitel, 1992)

2.2.4 Funciones

En Visual Basic se pueden generar procedimientos y funciones definidas por el usuario, que permite usar varias veces un código, llamándolo siempre que sea necesario. Esto con el fin de hacer más fácil la lectura del programa, y al mismo tiempo ahorrar memoria de ejecución.

Las funciones tienen como objetivo realizar ciertas operaciones que calculan y devuelven un valor, a partir de ciertos datos de entrada que definirá el usuario al llamar la función, escribiendo el nombre y un par de paréntesis a continuación, de la siguiente forma: *mi_funcion()*.

Para enviar valores de entrada a una función, se incluyen los parámetros en los paréntesis. La función los recibe al declarar el tipo de este dato de entrada, y la cantidad de datos separados por comas.

Si es una función que no arroja valores de salida, sino que solo ejecuta ciertas instrucciones, basta con llamarla junto con los valores de entrada requeridos. Si por el contrario, esta función realiza cálculos con el fin de arrojar un valor determinado, se debe agregar el comando RETURN al valor de salida, que será guardado en una variable al llamar la función. (Microsoft, 1998)

2.2.5 Programación Orientada a Objetos (OPP)

Este entorno de programación proporciona mayor potencia, flexibilidad y simpleza, ampliando la capacidad del lenguaje usado. Un objeto se refiere a ciertos componentes que muestra ciertas características y se comporta de determinada manera.

Adicionalmente, como analogía a la vida diaria, los objetos pueden reunirse en conjuntos según características o comportamientos similares, lo cual compone las clases. Normalmente, este conjunto se forma de objetos que heredan características de otros.

La OPP crea entonces una comunicación entre objetos a partir de mensajes encapsulados en datos de atributo o funciones de comportamiento, agrupados en las clases. Estas permiten modelar objetos según ciertos atributos y operaciones. Una vez la clase sea definida por el usuario, puede ser usada para declarar objetos de la misma.

Esta forma de programación por encapsulamiento, permite simplificar el código, ya que solo es necesario tener en cuenta las operaciones resumidas en una sola instrucción. Adicionalmente, Visual Basic cuenta con una amplia librería de clases, especialmente orientada al uso de controladores o herramientas para la interfaz de usuario, lo cual disminuye memoria de almacenamiento y facilita su programación. (Deitel, 1992).

Al definirse las clases y sus miembros han sido declarados, deben establecerse las funciones que han de cumplir dichos miembros u objetos. El procedimiento para declarar esta función dentro de la clase, es el siguiente:

Class Thing_Function()

Los objetos por otro lado, pueden ser declarados sin la palabra *class*, pero haciendo referencia al nombre de la misma, con el fin de evitar ambigüedades en datos usados para distintas clases o funciones.

Array_of_Thing[]

Ya con la clase y el objeto creados, se procede a asociar los datos o características y sus propiedades o funciones, en función del objeto. El operador “.” es el encargado de dar acceso a los miembros de la clase, teniendo en cuenta la declaración de las variables como públicas, privadas o protegidas. Se sabe que un miembro o variable declarada como pública, podrá ser usado en cualquier función, inclusive si es parte de otra clase o cualquier función global.

Thing.Name

2.2.6 Diseño de Formularios

Estos comandos de diseño son los encargados de ofrecer al usuario una interfaz amigable para la Visual Basicización e introducción de datos, por medio de un conjunto de objetos que responden a ciertos eventos generados por el usuario o el sistema. Los formularios en sí, son objetos que cuentan con propiedades asociadas

Las aplicaciones pueden contar con interfaz de múltiples documentos, es decir que se conforman de una ventana principal y ventanas secundarias contenidas en la de inicio. Por ende se distinguen tres tipos de formularios:

- Formulario Secundario: Es un formulario contenido en otra ventana, limitado por el formulario principal.
- Formulario Flotante: Este también pertenece al formulario principal, sin embargo no está contenido en el, por lo cual se pueden mover independientemente.
- Formulario de Nivel Superior: Es independiente del formulario principal. Aparecen en la barra de estado de Windows.

Todos los formularios se crean del mismo modo, sin embargo la configuración del tipo se realiza modificando un conjunto de propiedades que constituyen su comportamiento.

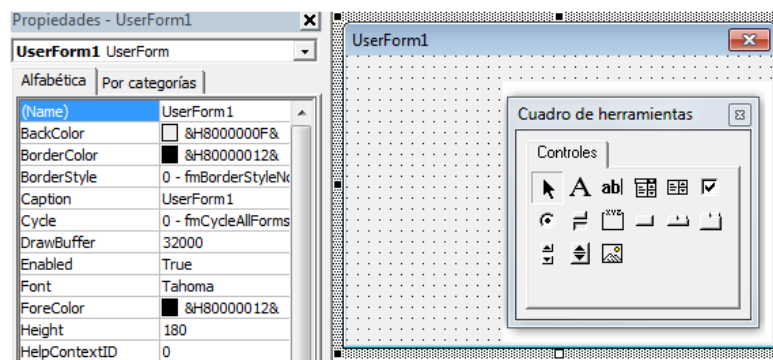


Ilustración 8. Diseñador de Formularios, Barra de Herramientas y Ventana de Propiedades.

Para agregar funcionalidad al formulario, se procede entonces a agregar los controles apropiados según la aplicación a realizar, sabiendo que estos son el medio fundamental de interacción de

los usuarios, generando instrucciones para la manipulación de datos o funciones dentro del programa.

Existen dos tipos de controles: Dependientes y no dependientes. Los primeros se refieren a aquellos que toman valores introducidos por el usuario e inmediatamente son almacenados en el origen de datos que puede ser una variable. Los independientes por el contrario solo se almacenan como el valor de una propiedad, sin quedar ningún registro en la memoria o disco duro. (Microsoft Co, 1998)

Para elegir adecuadamente los controles requeridos para cierta aplicación, debe tenerse en cuenta la forma en que los usuarios han de manejarlos y su función principal. A partir de esto, se distinguen ciertas categorías de empleo que pueden tener los controles en un formulario:

- Proporcionar opciones predeterminadas, que faciliten el uso de esta aplicación.

En este grupo se encuentran los botones de opción, listas desplegables y casillas de verificación.

Esto permite especificar una opción entre varias previamente enlistadas, sea por medio de un valor booleano o por el dato almacenado en el control, opción útil para filtrar datos predeterminados de una tabla.

- Solicitar datos de entrada imposibles de determinar previamente.

Principalmente, se cuenta con cuadros de texto para realizar esta función, con el cual los usuarios pueden agregar o modificar datos existentes en una tabla.

Para esta opción, se puede verificar el tipo de datos ingresado, y enviar advertencias al usuario por medio de MsgBox, si la información registrada no es correcta.

- Permitir al usuario seleccionar o realizar acciones específicas.

Esto permite al usuario realizar ciertas acciones que no dependen necesariamente de la manipulación de datos, como ejecutar un informe o consulta.

Para esta aplicación, el control usado es el botón de comando, con el cual se ejecuta cierta acción por medio del evento click.

- Mostrar información.

Esta función se encarga de dejar visible cierta información relevante por medio de imágenes, etiquetas, cuadros de texto, formas y líneas.

Gracias a las propiedades de estos controles, se pueden cambiar dinámicamente en tiempo de ejecución, aunque no pueden ser modificados directamente por el usuario.

2.2.7 Uso de Macros

Este recurso de Excel, permite automatizar tareas repetitivas y complejas, para agregar o modificar datos en las celdas de trabajo, por medio de acciones registradas.

Para acceder a esta aplicación de Excel, basta con seleccionar la vista de macro en el menú de herramientas o con el comando Alt + F11. Esto abrirá un cuadro de dialogo el cual contiene una lista de macros disponibles y las opciones de ejecutar, crear o modificar.

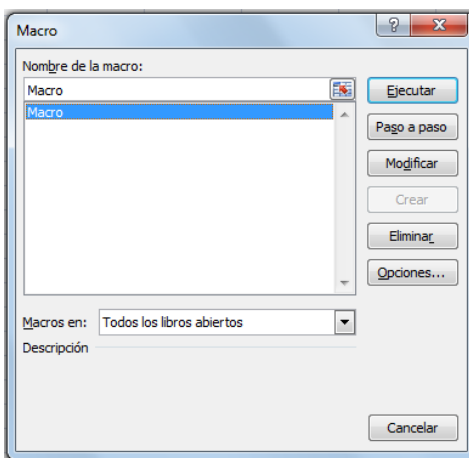


Ilustración 14. Cuadro de Ejecución de Macros.

El primer paso de creación de una macro es la planificación de los pasos o proceso que se quiere automatizar, teniendo en cuenta las hojas de trabajo y celdas requeridas, además de los datos a usar y la presentación de estos. (Frye, 2001).

3. METODOLOGÍA

Etapa 1: Sistematizar la información

Se debe analizar la información recolectada con el fin de proporcionar estrategias de cotización según los requerimientos del cliente, evaluando con que variables y procesos se puede automatizar el equipo dependiendo de la aplicación deseada.

Etapa 2: Diseño del modelo de cotización

- Identificar cada uno de los dispositivos que sean necesarios para cumplir el proyecto de automatización.
- Clasificar estos elementos según su función, ubicación y comunicación dentro del sistema de aire acondicionado.
- Calcular el costo de los elementos, según las cantidades requeridas.
- Preparar formato de la cotización.

Etapa 3: Diseño de software

Análisis del problema: Se debe plantear el resultado esperado al ejecutar el programa, y las operaciones que se deben hacer para llegar a este.

Diseño del algoritmo: Se identifican los métodos para realizar las operaciones previamente planteadas, teniendo en cuenta los diferentes algoritmos de búsqueda. Se recomienda dividir los problemas, de modo que se cuenta con una sola entrada y una sola salida por cada subprograma. Todos los subprogramas son a su vez controlados por un programa principal.

Codificación del programa: Se definen cada una de las especificaciones del programa y la secuencia lógica que han de seguir.

Verificación: Se debe ejecutar el programa con distintos datos de entrada, con el fin de determinar y corregir los posibles errores que se puedan encontrar.

4. REQUERIMIENTOS PREVIOS

4.1 PRINCIPALES EQUIPOS

4.1.1 Fan Coil Agua Fría

Su función es el tratamiento instantáneo del aire, filtrando y enfriándolo. Este equipo está conformado por un ventilador encargado de bombear aire hacia un intercambiador de calor, donde circula agua fría.

Debido a que son muy compactos, se localizan cerca del área a climatizar, otorgando ventajas de uso independiente y flexibilidad. Sin embargo, son usados para aplicaciones con bajos caudales, hasta 3000 CFM.

Su control se basa en la temperatura del aire suministrado al equipo, dando paso a un caudal de agua en el serpentín, regulado por una válvula según sea necesario. Si el aire está a mayor temperatura de la deseada, se da paso a un mayor caudal de agua, del mismo modo, si la temperatura es muy baja, el paso de caudal se restringe.

Además, se debe tener un control sobre el funcionamiento del motor que transmite movimiento directamente al ventilador, monitoreando si está en funcionamiento, por medio de un sensor de presión diferencial de aire. Este ventilador, puede tener hasta tres velocidades, que varían según sea requerido, controlado con un relé que conecta sus bobinas, según el suministro que sea demandado.

Adicionalmente, se puede tener otro sensor de presión diferencial, con el fin de obtener seguimiento y registro sobre el estado de los filtros.

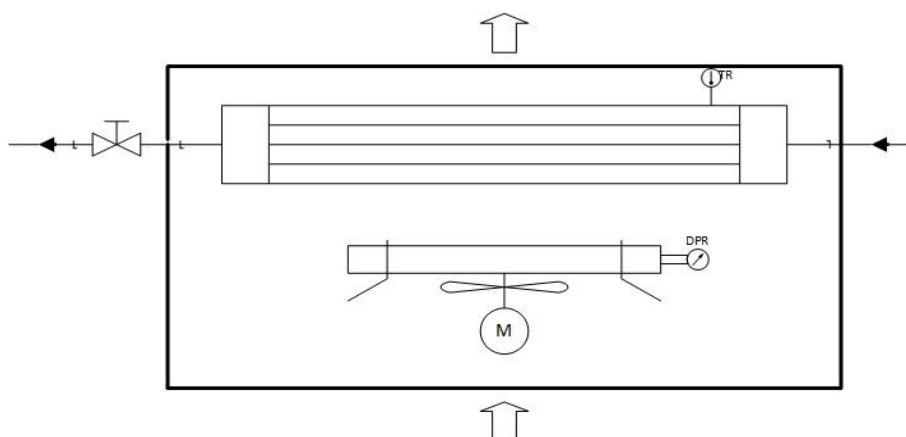


Ilustración 15. Fan Coil Unit.

4.1.2 Unidades Manejadoras de Aire

Las unidades manejadoras de aire o UMAS son unidades de tratamiento de aire, compuestas por un inyector centrífugo accionado por un motor, y un serpentín donde circula agua fría.

Este tipo de equipos soporta caudales hasta de 15000 CFM, por tanto deben ubicarse estratégicamente, con el fin de garantizar aire suficiente al área asignada, normalmente ubicadas en el techo y comunicándose a las distintas habitaciones por medio de ductos.

Su control pretende mantener ciertas condiciones de confort, en función de las temperaturas de retorno y suministro, que arrojan información a partir de la cual se da paso al agua por el serpentín por medio de una válvula, o se controla la circulación del aire por medio del motor que acciona el ventilador, cuya transmisión se realiza indirectamente, por medio de poleas o correas.

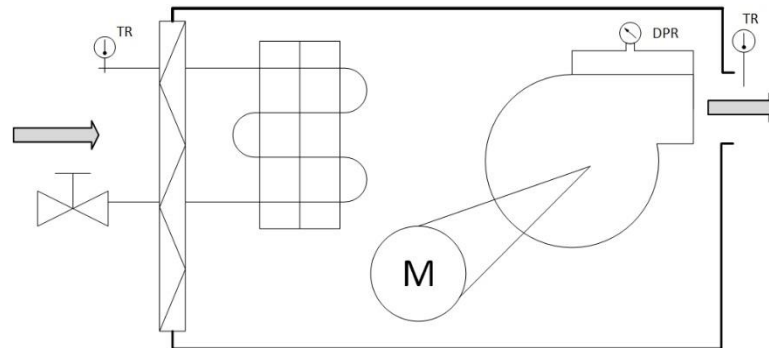


Ilustración 16. Unidad Manejadora de Aire.

4.1.3 Sistemas de Agua Fría

Los sistemas de agua fría son paquetes donde se agrupan los distintos componentes presentes en el ciclo de refrigeración por agua fría. Se tiene un componente principal donde se trata el refrigerante, que a su vez se encarga de realizar un tratamiento térmico al agua en un equipo denominado chiller, a partir del cual circula agua fría por ductos hasta cada uno de los ambientes que se esperan ambientar.

Debido al que el fluido que recorre el circuito no es aire, sino agua, se tienen nuevos elementos, regulados por la temperatura de suministro y retorno del agua del chiller, y por un sensor de presión de agua ubicado en el ducto de agua que retorna del proceso. Inicialmente se tiene una válvula ByPass encargada de permitir que la operación continúe, si se restringe el paso de agua hacia el proceso o ambiente a refrigerar, evitando aumentos de presión perjudiciales para el equipo. Los siguientes elementos en el circuito, son bombas, que dan paso al agua hacia el chiller, y por último se encuentra el chiller.

Estos equipos pueden ser de volumen constante o variable. La diferencia radica en un par de bombas ubicadas antes de la salida de agua al proceso a enfriar o al área a ambientar, asegurando que el suministro sea proporcional al requerido por el usuario.

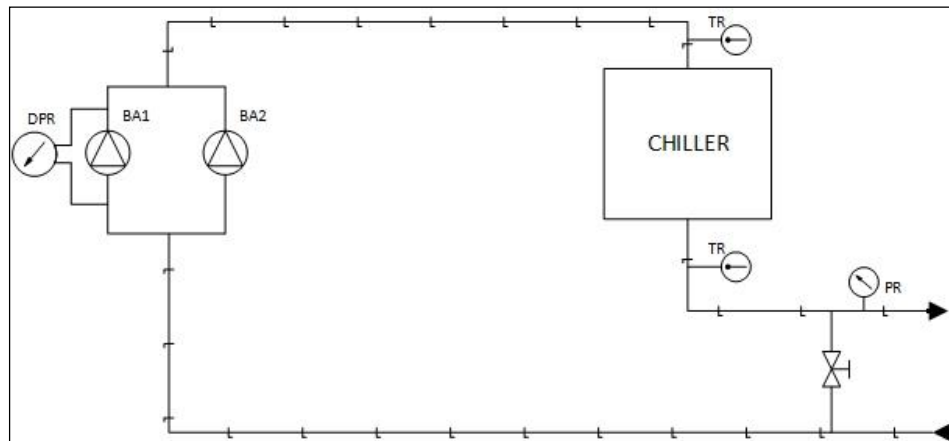


Ilustración 17. Sistemas de Agua Fría Volumen Constante.

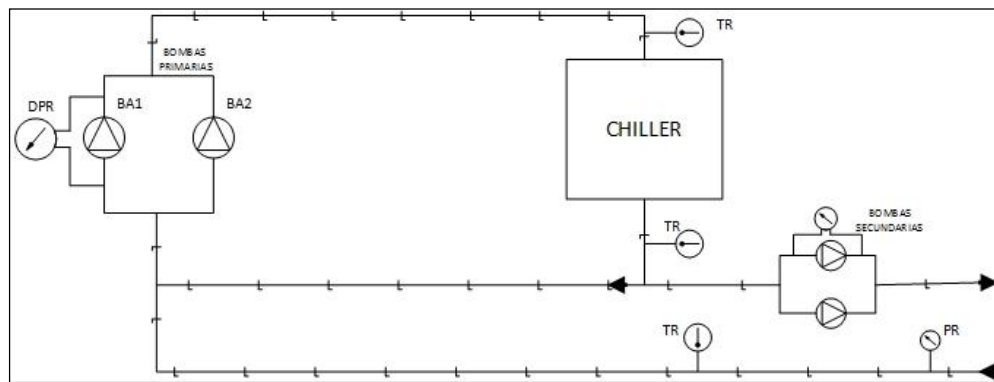


Ilustración 18. Sistema de Agua Fría Volumen Variable.

4.1.4 Torre de Enfriamiento

Como se mencionó previamente, los sistemas de agua fría o chiller, pueden ser enfriados por medio de agua o aire. Si el enfriamiento es por medio de agua, se debe tener un elemento adicional, el cual consiste en una torre donde se almacena agua fresca, con el fin de servir como medio de transferencia del calor que absorbe el refrigerante en el proceso.

Su control se hace en función de la temperatura a la cual sale el agua de la torre de enfriamiento y la temperatura que llega proveniente del proceso en el chiller. Sus principales componentes son bombas de abastecimiento y un motor, encargado de poner en funcionamiento un único ventilador, que mantiene baja la temperatura del agua almacenada en esta torre.

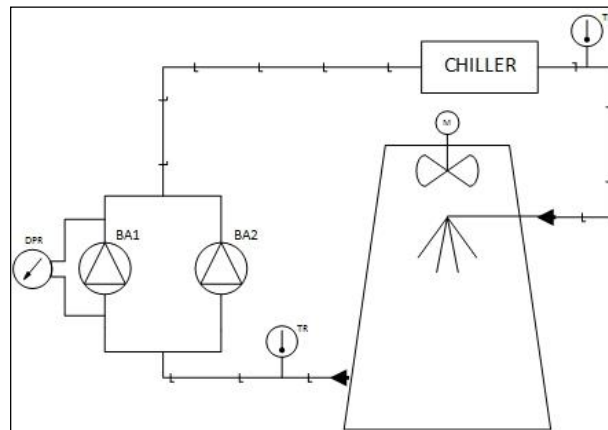


Ilustración 19. Torre de Enfriamiento.

4.1.5 Equipos Expansión Directa

Los equipos de expansión directa o tipo paquete, como su nombre lo indica es una integración de todos los componentes del ciclo de refrigeración, que trabajan según el principio de expansión directa de un gas. No trabajan con agua, sino que el recorrido del circuito lo hace el refrigerante.

Todos sus componentes se encuentran ubicados en un solo bloque, normalmente ubicado en el techo de los edificios, y se compone de evaporador, una válvula de expansión, condensador y compresores.

Contiene sensores de temperatura de aire de retorno y suministro, además de diferenciales de presión para conocer el funcionamiento del motor que acciona indirectamente el ventilador succionador de aire, y presostatos que arrojan información sobre el funcionamiento de los compresores.

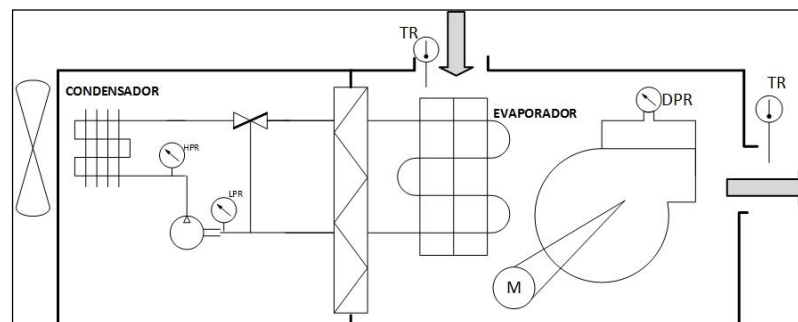


Ilustración 20. Equipo de Expansión Directa o Paquete.

4.2 REQUERIMIENTOS DE LOS CLIENTES

Generalmente, el pedido de los clientes consta de una detallada descripción sobre el ambiente a climatizar, muestra las condiciones de trabajo, materiales, equipos y mano de obra requeridos para integrar aire acondicionado al espacio.

Se detalla la **central de enfriamiento** donde se concentran los enfriadores, en este caso únicamente se trabajará con chillers. Se enumera la cantidad requerida de enfriadores según la capacidad del sistema y se especifica si la condensación se realiza por medio de aire o agua, con el fin de establecer si es necesario torres de enfriamiento o ventiladores en su defecto.

Para un chiller, se debe especificar la cantidad de bombas que intervienen en el circuito de refrigeración. Las bombas se encuentran tanto a la entrada como a la salida del chiller, con el fin de distribuir el agua a cada uno de los pisos o habitaciones del edificio. Se debe puntualizar si su caudal será variable o constante y el tipo de arreglo o posición en la que se encuentran las bombas, sabiendo que generalmente una bomba está acompañada por mínimo otra de respaldo. Las bombas cuentan con un motor de accionamiento, los cuales pueden integrar variadores de frecuencia con el fin de ajustar la velocidad de operación de la bomba a las necesidades de enfriamiento. Estas bombas se deben instalar con sensores de diferencia de presión, con el fin de monitorear su funcionamiento, o para el control de las bombas de caudal variable.

Para estos equipos, se requiere normalmente un control de manejo de los chiller, de tal manera que se pueda programar la forma más eficiente de operar el enfriador a cargas parciales o cargas plenas, haciendo un seguimiento para supervisión y control de variables.

Posteriormente, se nombran las unidades de enfriamiento de aire, aquellas que estarán en contacto directo con las habitaciones, donde se hace el intercambio de calor entre el aire y el agua fría. Normalmente, se diseñan los equipos para que el calentamiento máximo del agua al estar en contacto con el aire sea de 14° F (ΔT).

Las unidades manejadoras de aire cuentan con bancos de filtros opcionales. Los motores que accionan los ventiladores, se pueden proporcionar con variadores de frecuencia para el ajuste de velocidad, con el fin de mantener el caudal de aire especificado para cada espacio. También cuenta con válvulas, de forma que al ser baja la carga de trabajo o la manejadora esté apagada, y halla un aumento de presión, se pueda disminuir el caudal de agua.

Los fan coil por su parte se diseñan para un aumento de temperatura del agua a través del serpentín, de 10° F (ΔT). Al igual que las manejadoras, cuentan con válvulas de suministro, como actuadores.

4.3 CONTROLADORES CARRIER

Bajo el lema “Nadie controla los equipos Carrier mejor que Carrier”, la empresa cuenta con un sistema de manejo de controladores, llamado i-Vu. Este se encarga de integrar los diferentes equipos de un edificio con una interfaz de usuario en la web.

El i-Vu optimiza la productividad, conectividad y eficiencia del aire acondicionado, al tener acceso a datos de monitoreo y control desde cualquier lugar y en cualquier momento, usando un

buscador de internet estándar. Este sistema ofrece un estatus continuo de equipos mostrado en gráficas o planos, el procesamiento de rutinas de funcionamiento, programación de horarios y setpoints, informes de condiciones de trabajo incorporando tendencias y alarmas en caso de error, además de integrar equipos de aire acondicionado con otros sistemas de automatización, como luces, alarmas de incendio, sistemas de seguridad, etc.

Su principal función, sin embargo, es la de centralizar el monitoreo de los controladores ubicados en los diferentes equipos. Esto se logra gracias a la comunicación interna entre dispositivos, con un lenguaje abierto llamado BACnet, (Building Automation and Control Networks), diseñado para la automatización de viviendas y redes de control, como un estándar universal.

Esta tecnología basada en la interfaz física de RS-485, permite enviar mensajes por medio de comunicación serial a través de un bus o canal de comunicación, a un único dispositivo o difundirlo en toda la red, según sea requerido. Los equipos BACnet poseen información definida como objetos y propiedades, que son la representación de los equipos y sus características. Por medio de objetos se pueden definir las entradas y salidas binarias y analógicas, además de las variables de control. A través de las propiedades, otros equipos pueden acceder y procesar esta información.

Los controladores se conectan entonces directamente a la red de comunicación BACnet MS/TP (Master-Slave/Token-Passing), creando un sistema completo al integrar la interfaz de usuario, los dispositivos de red, los controladores para aplicaciones específicas y controladores programables.

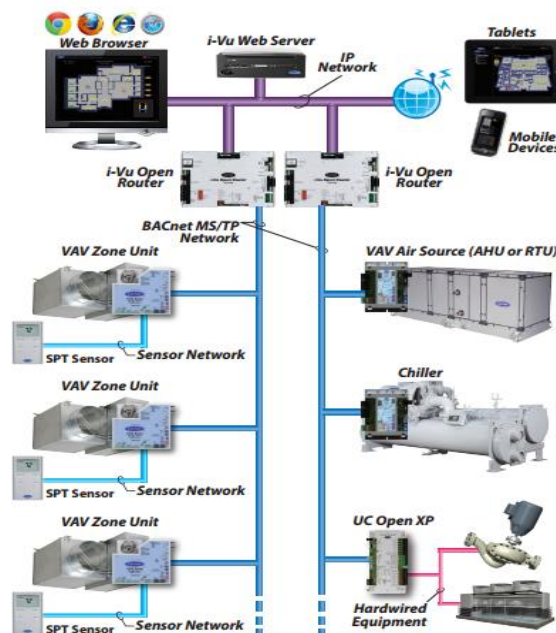


Ilustración 21. Sistema de Control i-Vu. (CARRIER)

La red se limita a 750 controladores por sistema i-Vu, con una longitud máxima de 10000ft, poniendo un repetidor o router cada 2000 ft o cada 31 nodos. Cada controlador en la red tiene una dirección única, que lo identifica en la red como maestro o esclavo.

Su conexión se realiza en forma de margarita (Daisy Chain Network Topology), donde cada segmento se conecta a un dispositivo BT485, que indica el inicio y fin de la red, previniendo ruido y distorsión de las señales entre los diferentes segmentos. Entre cada segmento puede haber un repetidor, con el fin de ampliar la red global mediante repetición y amplificación de señales de un segmento de red a otro. Finalmente se debe tener en cuenta el PROT485, encargado de separar tierras, en caso de que los equipos y sus controladores se encuentren en edificios o instalaciones distantes. Con estos se completan los principales dispositivos de la red que han de tenerse en cuenta.

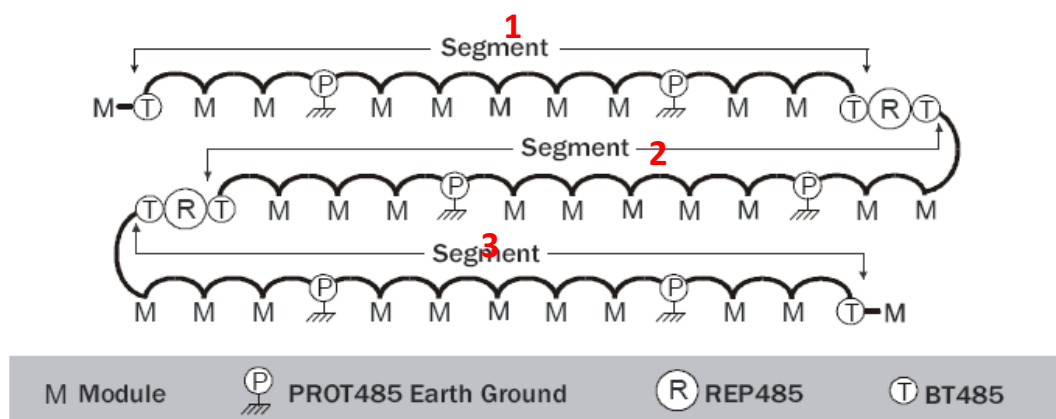


Ilustración 22. Conexión de Red Maestro Esclavo. (CARRIER)

A continuación, se presentan los controladores de aplicación específica o de programación abierta:

4.3.1 i-Vu User Interfaces

Dispositivo que ofrece control total de los sistemas de aire acondicionado Carrier, además de una interfaz de usuario con indicadores de confort por medio de gráficos interactivos y en tiempo real. Proporciona además historial de variables, sistema de configuración de horarios y setpoint, un método de seguimiento y solución de inconvenientes usando un Visual Basicizador de alarmas, además de políticas de contraseñas y seguridad.

Este dispositivo facilita el acceso a estos datos por medio de la WEB, y su instalación es Plug and Play, sin ningún software adicional requerido.

La principal diferencia entre el dispositivo standard y plus es la posibilidad de integrar la administración de otros equipos como la iluminación, variadores de velocidad y calderas.

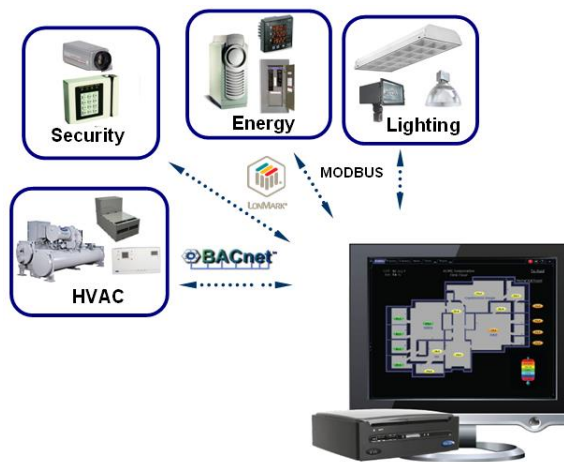


Ilustración 23. i.Vu Open. (CARRIER)

4.3.2 Network Devices

Aseguran un óptimo funcionamiento de la red bajo norma EIA-485. Se instalan fácilmente y trabajan con el fin de amplificar y preservar las señales.

- I-Vu Open Router: Encargado de repetir y amplificar las señales entre segmentos de red.
- I-Vu Open Link: Por medio de este dispositivo se pueden integrar distintos sistemas de automatización del edificio, según protocolos BACnet, Modbus y LonWorks. Sopora hasta 60 dispositivos, integrando el i-Vu con otras subredes.

Se conecta directamente a la red Ethernet LAN, y cuenta con varios puertos de comunicación Ethernet, BACnet, y uno configurable.



Ilustración 24. Dispositivos de Red. (CARRIER)

4.3.3 Application Specific MultiProtocol Cotrollers

Todos los controladores cuentan con un sistema plug and play con la red del i-Vu. Estos sistemas son capaces de operar sin supervisión alguna y pueden ser integrados a otros sistemas de automatización del edificio, usando lenguaje BACnet.

- Integrated Fan Coil Controller and Unit Ventilator Controller OPN-FC/OPN-UV: Este es un componente destinado a controlar unidades Fan Coil, monitoreando y regulando la correcta operación del equipo y el gasto de energía eficiente. Mediante un PID se garantiza el nivel óptimo de humedad y ventilación, controlando automáticamente la velocidad del ventilador según los requerimientos de refrigeración de la habitación.
- Open Rooftop Controller OPN-RTUM: Control encargado de monitorear continuamente el equipo regulando el volumen de aire requerido para el correcto funcionamiento del equipo.
- Integrated Water Source Heat Pump Controller OPN-WSHPM: Se encarga de monitorear y controlar la bomba de suministro de agua principalmente. Mediante el algoritmo de control inspecciona la velocidad del ventilador y el encendido de las bombas, asegurando la minimización del ruido de la operación y maximizando la absorción del calor para mantener el punto de confort.



Ilustración 25. Controladores de Aplicaciones Específicas. (CARRIER)

4.3.4 Programmable Controllers and Expanders.

- Universal Controller OPN-UC/ Universal Controller OPN-UCXP: Provee control a aplicaciones auxiliares del edificio como iluminación, bombas, ventiladores u otros equipos HVAC. Este algoritmo provee una integración sencilla para aplicaciones comerciales, con capacidad para 11 puntos de entradas y salidas.
- Universal Controller IO Expander OPN-UCXPIO: Adicional al controlador OPN-UCXP, que ofrece un número mayor de puntos de entradas y salidas, puede ser aun más flexible con este extensor, que juntos soportan un total de 48 entradas y salidas para mayor flexibilidad en su uso.
- Universal Protocol Card OPN-UPC: Conecta cualquier equipo Carrier principalmente para equipos chillers, a la red BACnet, para poder ser monitoreado o controlado por el sistema central i-Vu.
- App Controller OPN-APP: Este controlador monitorea constantemente la operación correcta de equipos fan coil, unidades manejadoras y chillers, cuyo control viene predeterminado en una librería de algoritmos.
- Multipurpose Controller Open XP OPN-MPCXP: Este controlador se aplica a cualquier sistema HVAC, siendo aun más flexible ya que soporta múltiples configuraciones para las entradas y salidas, cumpliendo con estrategias de control comunes o caracterizadas para aplicaciones específicas.



Ilustración 26. Controles Programables. (CARRIER)

Después de identificar los controladores eléctricos marca Carrier, se debe proceder a realizar una caracterización de estos, con el fin de diferenciarlos y poder establecer el más óptimo para determinada aplicación.

El principal filtro que se establece, es el equipo que se ha de automatizar, ya que esto arroja información sobre los principales sensores y actuadores que debe tener, y por tanto el número de entradas y salidas, binarias o análogas, información necesaria para la elección del hardware preciso.

Se debe tener en cuenta que la aplicación de estos controladores puede estar preestablecida, como un algoritmo en la biblioteca para equipos o zonas específicas, o puede ser programada según las necesidades de cada cliente.

En el

ANEXO 1 se puede ver la primera clasificación de los controladores que van conectados directamente a la red BACnet y por tanto pueden ser monitoreados y controlados directamente por el i-Vu.

Se pueden distinguir entonces las aplicaciones para equipos de aire acondicionado específicos marca Carrier o controladores abiertos para equipos distintos; además de tener opciones de control para otras aplicaciones de automatización de edificios.

También se debe tener identificado el tipo de comunicación requerida para seleccionar el hardware, y las salidas y entradas necesarias para el control deseado.

4.3.5 Open Sensors

Se incluyen estos sensores, ya que están diseñados para el uso con cualquier controlador de la línea i-Vu, debido a sus características de comunicación. Es un termistor de 10k, que sensa la temperatura dentro de la habitación, disponibles en 4 referencias distintas.

- SPT Sensor Estándar SPS: Cuenta con un termistor, y funciones de monitoreo.
- SPT Sensor Plus SPT: Cuenta con un termistor, y funciones de monitoreo y ajuste de Set-Point.
- SPT Sensor Pro SPP: Cuenta con un termistor, y funciones de monitoreo, display y ajuste de Set-Point
- SPT Sensor Pro Plus SPPF: Cuenta con un termistor, funciones de monitoreo, display y ajuste de Set-Point y control de velocidad para ventilador.



Ilustración 27. Sensores con Comunicación. (CARRIER)

4.4 REQUERIMIENTOS DE COTIZACIÓN

En Refrimel E.U. actualmente se realizan las cotizaciones para sistemas de control en aire acondicionado desde Miami, por tanto no se tiene una metodología fija y propia para el manejo de las diversas bases de datos con dispositivos o equipos disponibles y sus precios, disminuyendo la capacidad de selección del equipo correcto para un proyecto específico.

Como empresa comercializadora, Refrimel E.U. es un intermediario entre los productores y consumidores, proporcionando un servicio adicional de suministro, instalación y asesoría que comienza con la entrega de una cotización al cliente, para lo cual se recopila la información necesaria tanto de productos a ofrecer como de requerimientos del cliente, teniendo en cuenta la precisión de la información de artículos suministrados, cantidad, modelo, costo y su disponibilidad.

La cotización se convierte entonces en el principal instrumento de venta, estableciendo un acuerdo entre los bienes y servicios ofertados por el proveedor y los requisitos establecidos por el cliente, fijando precios y acuerdos en una especie de contrato. Una buena propuesta comercial cuenta con un resumen de cómo se ha interpretado las necesidades del cliente, una descripción de los productos o servicios que se ofrecen.

Por tanto, una buena presentación reflejará el porqué de la selección de los productos que se presenta al cliente y los alcances que se pueden lograr al contratar los servicios de la compañía; además de esclarecer algunas condiciones asociadas al pago, que pueden ser decisivas a la hora de la licitación, con lo cual se adquiere un poder de negociación superior, dando claridad sobre los precios y lo que incluyen, evitando ambigüedades o errores que puedan entorpecer la negociación.

Por formalidades, la plantilla de cotización debe incluir los datos del cotizante: Logo, Nombre del contacto, ciudad donde se ubica la empresa, teléfonos de contacto con códigos de ciudad o país si es necesario y dirección de email. Con esta información, se facilita el contacto con la empresa ante dudas o comentarios del posible cliente.

Adicionalmente, se incluye la fecha de la emisión de dicha cotización, para dar claridad a términos de plazos y vigencias, el nombre del proyecto y una breve descripción de la lista de ítems que se incluirá posteriormente. En este caso reiteramos que la cotización se refiere a los diferentes elementos necesarios para el sistema de control solicitado por el cliente, así: “Nos complace citar los siguientes equipos de control de acuerdo con la información suministrada.”

En la lista de controladores y demás dispositivos, se debe especificar la referencia y el precio exacto, siendo precisa y veraz la información suministrada, ya que estos datos serán entregados como última referencia al cliente.

Por último, se da un espacio para impuestos y cobros adicionales, si existen, para dar finalmente el monto total a pagar.

En cuanto a condiciones de pagos y entregas, se debe especificar claramente ya que esta información puede ser decisiva a la hora de concretarse la contratación. Se tiene entonces el siguiente listado establecido por CARRIER:

1. El precio es fijo y se mantendrá en vigor durante 30 días.
2. No hay impuestos, permisos y servicios adicionales a los incluidos en la propuesta anterior, a menos que se indique lo contrario.
3. Términos del envío Ex Works: flete y otros costos de transporte no incluidos.
4. Condiciones de pago: Giro directo o carta de crédito pagadero al momento del despacho de los equipos.
5. Carrier no acepta y no se hace responsable de cualquier requisito del propietario o contratista, a menos que se acuerde expresamente por escrito.
6. Para validar la garantía, la puesta en marcha de los equipos debe ser realizado por personal autorizado por Carrier.
7. El tiempo estimado de entrega es de 4 semanas después de ser aprobado por el departamento de crédito.

Con las consideraciones anteriores, se crea una plantilla, dejando en blanco los ítems que se personalizan dependiendo del cliente y proyecto a cotizar. Ver ANEXO 3.

5. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA DE SELECCION

5.1 DESARROLLO DEL PROGRAMA

Para esta aplicación se integraron tres componentes principales. En primer lugar incluyó dos bases de datos, pertenecientes a los controladores y los sensores distribuidos por CARRIER. Estas bases de datos organizan la información a relacionar en hojas de Excel, creando un acceso conveniente a la información, según ciertos requerimientos del usuario.

Adicionalmente, cuenta con un código en lenguaje C, encargado de configurar la aplicación, generando instrucciones para el manejo adecuado de los datos.

Y por último, se tiene una interfaz, a través de la cual interactuará el usuario por medio de diferentes controladores ubicados en formularios. Con estos controladores, se permite el intercambio de información entre el usuario y el programa, ya sea introduciendo datos por medio de botones o texto; o mostrando datos por medio de labels. Esta interfaz grafica, asegura una comunicación con el programa, de forma intuitiva y rápida.

Se sabe que un diseño adecuado ahorrará tiempos de respuesta, esfuerzo invertido en la búsqueda de ciertos datos e incluso dinero. Se espera también que los usuarios de esta aplicación, que serán los empleados de Refrimel E.U., obtengan información de primera mano, implicándose en mayor medida en el proceso. Esto también ayuda a optimizar el programa, ya que la información proporcionada por el usuario adiciona precisión y efectividad a la aplicación.

Para comenzar con el diseño del programa, se debió esclarecer quienes serian los usuarios finales, con el fin de determinar un lenguaje de comunicación apto para estos. Por ende, se delimito el uso de la aplicación a personas con conocimiento sobre equipos de aire acondicionado y la presentación de los requerimientos del cliente, que con el uso de la metodología a implementar puedan generar los puntos de control, identificando los datos cruciales de entrada, que son los equipos a automatizar y el número de entradas y salidas, digitales y análogas necesarias para el controlador.

Adicionalmente, se tuvo en cuenta que la mejor forma de comenzar con una aplicación es dándole orden a los datos que interfieren en el proceso, e identificando las posibles relaciones entre ellos. Esto facilita la creación del programa e interfaz a partir de la cual se manipularan estos datos. Se establece entonces la cantidad de información a plasmar, determinando los datos a almacenar según consulta con los usuarios o empleados de Reftimel, los informes que se desean producir y los formatos que se utilizan actualmente en la empresa.

En la primera base de datos se encuentran quince controladores, con información adicional sobre su código, la aplicación o equipo para el cual son diseñados, el número de entradas análogas, salidas análogas, entradas digitales, salidas digitales, una pequeña descripción y finalmente su precio en dólares. El número de elementos es constante, y por ser un número pequeño, esta base de datos puede recorrerse registro a registro sin ningún problema.

La segunda base de datos, hace referencia a los sensores distribuidos por CARRIER. Cuenta con información sobre la variable que miden, el tipo de señal generada, el lugar de instalación, el código, precio y por ultimo una pequeña descripción. La cantidad total de sensores citados es de

setenta, y debe hacerse el programa con la flexibilidad necesaria para adicionar sensores según sea necesario. Por ende, es una lista larga que se recorre más fácilmente con filtros o factores de búsqueda, con el fin de obtener los datos deseados.

El campo de clave por el cual se analizan estas tablas es el código del controlador y los sensores, ya que son registros cortos y únicos, a los cuales se asocian los diferentes campos que los caracterizan y definen sus propiedades.

Por último, se analizó con detenimiento el posible diseño de la interfaz, ya que es con la cual interactuará constantemente el usuario, dependiendo de esta la satisfacción y funcionalidad que tenga la aplicación en general. Se crea entonces un conjunto de botones, TextBox, Label, OptionButton y ListBox, ubicados en diferentes formularios, de manera que se siga paso a paso la metodología planteada, de manera simple y guiada.

Con este propósito se generaron cinco formularios. El primero es el de inicio, donde se seleccionan los controladores, información vital para las próximas acciones del usuario. Este formulario, por medio del botón Controladores, lleva a un próximo formulario que mostrará las opciones de controladores disponibles, según los filtros de búsqueda ingresados por el usuario por medio de TextBox.

Después de tener la cantidad de controladores requeridos para cierta aplicación, se procede a seleccionar el i-Vu, los sensores y los dispositivos de red. Para cada uno de estos ítems, se genera un formulario distinto. El acceso a estos se encuentra en la ventana de inicio, y se realiza por medio de botones. Adicionalmente, en cada uno de los formularios hay un botón llamado Inicio, que como su nombre lo indica retorna a la ventana principal.

El papel de la aplicación es entonces el de permitir consultas específicas y adicionalmente imprimir cierta información en un informe final de cotización. Para esto, se encuentra un botón de agregar en cada uno de los formularios donde se encuentran los distintos dispositivos, comando con el cual el usuario lleva estos datos a una hoja de Excel adicional, en la cual hay un formato de cotización que se llena a medida que el usuario interactúa con la interfaz.

A continuación se describe el proceso de desarrollo del programa de selección de dispositivos de control.

5.1.1 Documentación de Datos

Esta documentación de datos se refiere a la información específica y detallada a la que tendrá acceso directo el usuario, para la toma de decisión sobre que dispositivos son necesarios y más adecuados para el correcto funcionamiento de determinada aplicación de refrigeración. En este punto se hace necesario el inventario de los controladores, sensores y dispositivos extras que integran la red BACnet, junto con sus características principales.

En principio se enlistan las dos opciones de dispositivos de control total de la red, que son la columna vertebral de todo el sistema, además de facilitar la configuración o acceso a datos de cualquier controlador en la red por medio de una interfaz de usuario, a la cual se accede por internet.

- CIV-OPN: Soporta protocolo BACnet y CCN, con capacidad de conexión de 750 controladores y memoria de almacenamiento de 7 días.
- CIV-OPNPL: Permite integración de protocolos BACnet®, Modbus® y LonWorks®.

Primordialmente, se documentaron los controladores, sus códigos y la cantidad exacta de puertos para entradas y salidas análogas o binarias, con el fin de filtrar dicha lista según los datos que ingrese el usuario. Además se agregó una descripción corta, que da la información necesaria para diferenciar un controlador de otro, después de haber realizado el filtro por número de entradas y salidas. Por tanto, se tienen criterios relevantes para la selección final, que son los modelos o aplicaciones con los cuales es compatible el controlador y el protocolo al cual se puede adaptar, aunque en su mayoría se integran con protocolo BACnet. Así, el usuario obtiene una mejor idea de cual se acomoda a las necesidades del cliente, y con cual se puede incurrir en menores costos, sabiendo que a mayor robustez del controlador el precio incrementará.

- OPN-FC: Compatible con los modelos de Fan Coil 42D, 42C, 42S, y 42V. Se integra con protocolo BACnet.
- OPN-UV: Compatible con unidades de ventilación 40UV (vertical) y 40UH (horizontal). Se integra con protocolo BACnet.
- OPN-RTUM: Instalado de fábrica en equipos WeatherMaster, WeatherMaker Y Puron. Puede ser instalada igualmente en equipos de volumen constante. Se integra con protocolos BACnet, Modbus o N2.
- OPN-WSHPM: Compatible con bombas verticales Puron y Aquazone Horizontal, únicamente instalados de fábrica. Se integra con protocolos BACnet, Modbus o N2.
- OPN-UC: Proporciona control auxiliar para aplicaciones de climatización y del edificio para cumplir funciones como: Control de bombas, control de iluminación, control de temperatura y programación de tiempos. Se integra con protocolo BACnet.
- OPN-UCXP: Proporciona control auxiliar para aplicaciones de climatización y del edificio para cumplir funciones como: Control de refrigeración de volumen constante (CV), deshumidificación, control del ventilador, control de bombas, control de iluminación, calidad del aire, control PID genérico, lazo de control para WSHP y programación de tiempos. Se integra con protocolo BACnet.
- OPN-APP: Incluye programas de control que proporcionan un rendimiento óptimo y eficiencia energética para Ventiladores, Unidad de Ventilador, Bomba de agua, y Unidades de Tratamiento de Aire de volumen constante. Se integra con protocolo BACnet.
- OPN-MPCXP: Controla gran variedad de sistemas HVAC. Cuenta con una biblioteca de programas de control de fábrica para sistemas de refrigeración con aire o con agua. Se integra con protocolo BACnet

Debe tenerse en cuenta que los dispositivos que adicionan puertos de entradas y salidas, como el UCXPIO y el MPCXPIO, deben incluir el controlador base, por tanto la cotización incluye tanto el controlador como su expansión.

Posteriormente se recopilaron los datos sobre los sensores comúnmente usados en aplicaciones de refrigeración, distribuidos por Automated Logic y recopilados en el

ANEXO 2

SEÑAL	TIPO	CODIGO
Differential Pressure Trans	Air	2601-MS2

Differential Pressure Trans	Air	2641-005WD-11-A1-C
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-10-20-E
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-1-5-E
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-2-10-E
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-5-20-E
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-5-5-E
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-10-5-E
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-2-5-E
Differential Pressure Switch	Air	AFS-222
Differential Pressure Switch	Air	AFS-262
Differential Pressure Trans	Liquid	231G-MS3-2F-D
Differential Pressure Trans	Liquid	231G-MS1-2FD
Differential Pressure Trans	Liquid	2301-100PD-3V11-B
Differential Pressure Trans	Liquid	231G-MS2-2F-D
Differential Pressure Switch	Liquid	24-014
Gage Pressure Trans	Liquid/Gas/Air	A/GP-[0-100]-NEMA4
Temperature	Immersion Sensor	A/5K-1-4"-WW--PB
Temperature	Immersion Sensor	A/CP-1-4"-WW--PB
Temperature	Immersion Sensor	A/10KS-I-4"-WW--PB
Temperature	Duct Mount	A/CP-BP-10FT
Temperature	Duct Mount	A/CP-D-8"-PB
Temperature	Duct Mount	A/CP-A-8'-GD
Temperature	Duct Mount	33ZCSENDAT
Temperature	Duct Mount	33ZCSENSAT
Temperature	Duct Mount	33ZCSENPAT
Temperature	Outdoor	A/CP-O-BB
Temperature	Wall Mount	HH/10K-CP-RO
Temperature	Wall Mount	HH/10K-CP-RSO

SEÑAL	TIPO	CODIGO
Water Flow Switches	Water	FS-2-CND
Water Flow Switches	Water	TSP110
Insertion Flow Meters	Water	F-1110-CHW-
Insertion Flow Meters	Water	F-1300
Air Velocity Transducer	Air	EE65-VB3
Temp/CO2 Gas Transmitter	Wall Mount	33ZCT55CO2
Temp/CO2 Gas Transmitter	Wall Mount	33ZCSPTCO2-01
Temp/CO2 Gas Transmitter	Wall Mount	33ZCSPTCO2LCD-01
CO2 Gas Transmitter	Wall Mount	TR9294-A
CO2 Gas Transmitter	Duct Mount	A/ESENSE-D-5
CO2 Gas Transmitter	Duct Mount	KCD-D-V
Gas Transmitter (CO)	Wall Mount	TR2000-CO
Gas Transmitter (CO)	Wall Mount	CMD5B6000
Gas Transmitter (CO)	Wall Mount	A/CO-R
Gas Transmitter (CO)	Network	GDN-BCO
Humidity/Temp	Wall Mount	A/RH3-10K-CP-R
Humidity/Temp	Wall Mount	A/RH5-10K-CP-R
Humidity/Temp	Wall Mount	HH/RH3-10K-CP-RSO-RJ6
Humidity Sensor	Wall Mount	A/RH3-R
Humidity Sensor	Wall Mount	33ZCSENSRH-02
Humidity/Temp	Duct Mount	A/RH5-10K-CP-D
Humidity/Temp	Duct Mount	A/RH3-10K-CP-D
Humidity Sensor	Duct Mount	33ZCSENDRH-02
Humidity Sensor	Duct Mount	A/RH3-D
Humidity/Temp	Outdoor	A/RH5-10K-CP-O
Humidity Sensor	Outdoor	A/RH3-O
Humidity Sensor	Outdoor	33ZCSENORH-02

ANEXO 3

, proveedor de soluciones de energía y automatización para edificios, perteneciente al grupo Carrier Esta información se organizó según la variable a medir, la ubicación que tendrán y el tipo de señal obtenida. Las variables que se miden principalmente son: presión, temperatura, flujo, concentración de gas y humedad y pueden tomar datos del agua o aire circulante. Su ubicación está determinada por tres parámetros: Si se encuentra dentro de los ductos de ventilación, en la habitación o a la intemperie. Y por último se especifica si se trata de un suiche que entrega una señal digital, o de un transmisor que entrega señales continuas.

Y por último se dieron características a los dispositivos auxiliares de la red, en los que encontramos repetidores, tarjetas de integración de otros protocolos, y dispositivos secundarios que dan estabilidad y eficiencia a la red cuando es fragmentada en segmentos.

- CIV-OR: Proporciona una línea adicional para la conexión de controladores, aumentando la capacidad del i-Vu Building Automation de 30 a 60 nodos de conexión. Se conecta directamente a la red Ethernet LAN y proporciona el servidor web i-Vu con acceso a toda la red del edificio.
- CIV-OL: Cumple la función del CIV-OR, además de integrar equipos de refrigeración de otros fabricantes o equipos para aplicaciones de automatización de edificios como variadores de frecuencia, calderas, y la iluminación con el fin de completar su sistema Carrier, mediante protocolos BACnet, Modbus y LonWorks.
- BACview6: Permite acceder localmente a los diferentes controladores Carrier por medio de un teclado y pantalla. El BACview6 sirve como herramienta fija o portátil de supervisión, control y configuración.
- OPN-UPC: Esta tarjeta de comunicación se encarga de conectar cualquier equipo Carrier a la red BACnet, sirviendo de traductor para la integración al sistema i-Vu.
- REP485: Se debe conectar entre segmento y segmento de red, ya que amplía la red mediante la repetición y amplificación de señales.
- BT485: Se debe conectar al inicio y final de cada segmento de red. Evita ruido y distorsión de señal mediante la terminación efectiva y polarización de cada segmento de red.

- PROT485: Proporciona protección contra sobretensiones eléctricas a los controladores instalados a mas de 250 pies (76 m).

5.1.2 Definición de Criterios de Selección

Para la selección de controladores el principal criterio de selección es el equipo a automatizar, y las opciones que se incluyeron son: Fan Coil, Unidad Manejadora de Aire, Sistema de Agua Fría, Torre de Enfriamiento, Equipo de Expansión Directa, HVAC que se refiere a la integración de equipos de aire acondicionado y BAS que se refiere a la integración de aplicaciones de automatización de edificios. El segundo filtro será el número de entradas y salidas como se ha mencionado previamente.

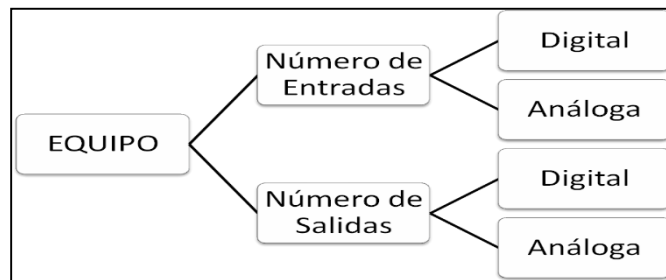


Ilustración 28. Criterios de Selección de Controladores.

Los sensores tienen otras características a evaluar. Principalmente la variable a medir, que puede ser: presión, temperatura, flujo, gas y humedad. Además, se evalúa el lugar en donde se tomara la medición, que puede ser en los ductos de refrigeración, en la habitación cuya temperatura se controlará, inmersión en contacto directo con agua o en la intemperie. Algunos sensores solo diferencian si la medición es de un fluido gaseoso o líquido.

El ultimo filtro para cada tipo de sensor, será la señal que envía al tomar la medición de cada variable, diferenciando si es un suiche que envía 0V o 5V diferenciando si esta activado o desactivado, o señales eléctricas que varían continuamente entre 4-20mA, 0-5V, 0-10V o 0-24V.

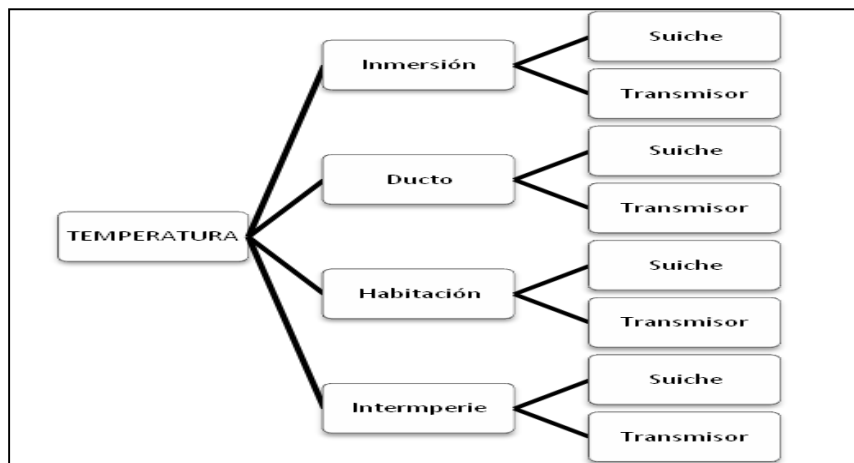


Ilustración 29. Criterios de Selección de Sensores de Temperatura.

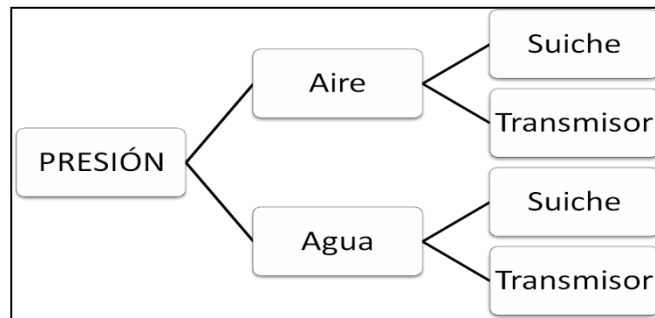


Ilustración 30. Criterios de Selección de Sensores de Presión.

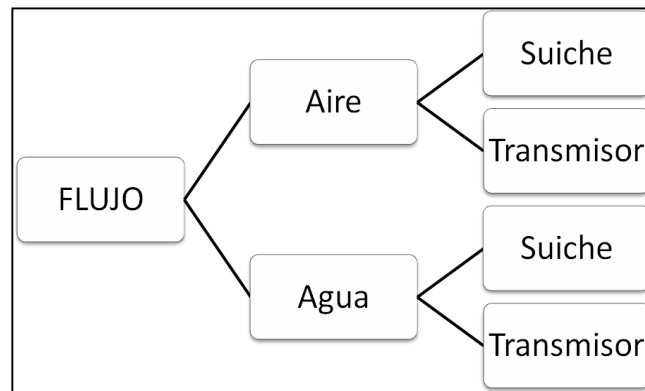


Ilustración 31. Criterios de Selección de Sensores de Flujo.

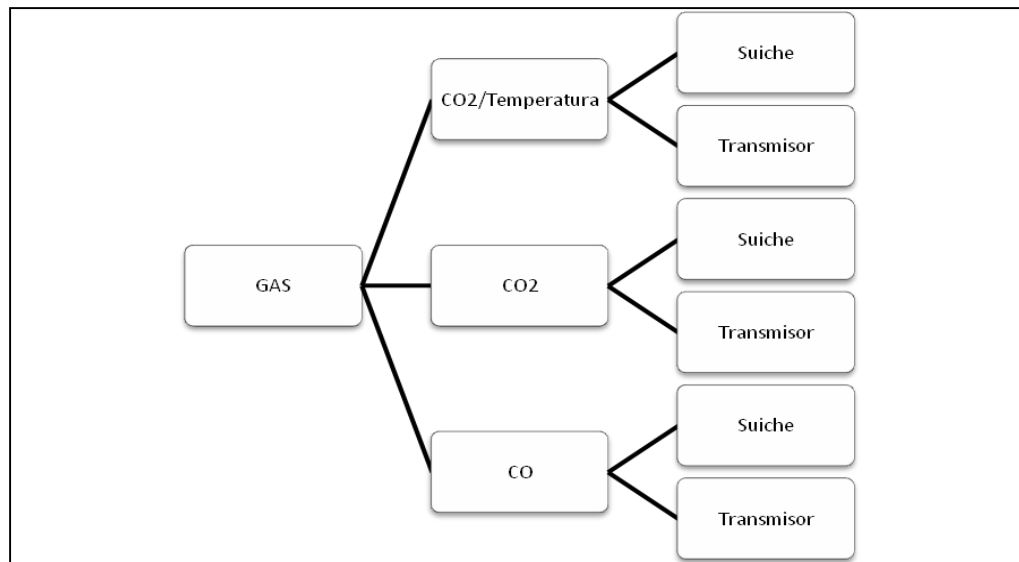


Ilustración 32. Criterios de Selección de Sensores de Gas.

En cuanto los dispositivos de red, se debe tener información sobre la red completa, como el número de controladores total a usar o el tipo de conexión y número de segmentos, o si algún equipo requiere ajustes de comunicación para ser integrado a la red BACnet.

5.1.3 Desarrollo de la Aplicación

A pesar que el desarrollo de un programa requiere de ciertas instrucciones basadas en los conceptos mencionados en el apartado 2.2, es de mayor importancia esclarecer el problema que desea solucionar el software, con el fin de encontrar diferentes opciones para resolverlo y así seleccionar la mas optima, teniendo en cuenta que entre más genérico se realice el código, permitirá una mayor variedad de tratamiento de datos.

En este caso, el objetivo del programa es el análisis de la base de datos de los controladores, sensores y diferentes dispositivos de redes, con el fin de buscar el ideal para una aplicación determinada, según ciertos factores característicos.

A partir de este objetivo, se descompuso el problema en pasos simples, con el fin de ser solucionados directamente por operadores, comandos y funciones. Para el caso actual, se obtienen entonces los siguientes:

1. Seleccionar el equipo o conjunto de equipos que se desea automatizar.
2. Adicionar el número de entradas y salidas, digitales o análogas requeridas para la aplicación.
3. Evaluar todos los dispositivos enlistados en la base de datos, advirtiéndole si cumplen con las características previamente escogidas.
4. Mostrar los controladores óptimos.
5. Agregar los datos al formato de facturación, creado en una hoja de Excel.

Así, el objetivo más claro es examinar cada uno de los equipos con el fin de determinar si cumplen las características necesarias para su selección, evaluando entonces el problema a nivel de cada uno de los dispositivos o controles de la base de datos.

A partir de esto, se pueden construir los elementos necesarios para el funcionamiento del programa, en términos de comandos, funciones y operadores de Visual Basic.

- **Selección de Equipo**

Para este punto se debe ingresar un dato, que será asignado a una variable, en este caso la variable toma el nombre "aplí" y es de tipo String, ya que solo recibe caracteres en forma de letras.

El usuario podrá escoger la aplicación que desea automatizar por medio de un ComboBox, herramienta disponible en el toolbox de Visual Basic, que permite seleccionar un dato existente. La principal propiedad de este control es **value**, el cual escribe el valor de la fila seleccionada.

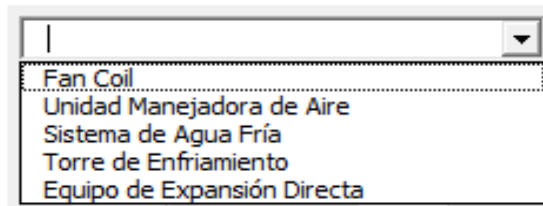


Ilustración 33. Selección de Equipo.

- **Ingreso de Entradas y Salidas**

Posteriormente, se debe ingresar el número de entradas y salidas requeridas para la aplicación que se evalúa. Se usa un TextBox para cada opción, control con el cual se puede manipular la información escrita por el usuario. Con la propiedad **value** obtenemos de nuevo el dato en el área de edición, el cual será almacenado en las variables "IA", "IB", "OA", "OB", tipo Integer, ya que debe ser ingresado únicamente valores numéricos enteros.

Si alguno de los TextBox de los cuales se obtendrá la información está vacío, es decir que usuario no lo diligencia, saldrá un mensaje de advertencia, informando el campo por llenar, por medio de un MsgBox.

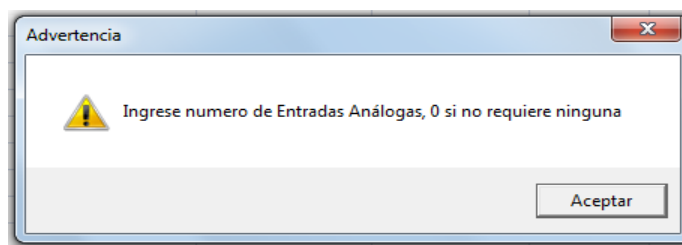


Ilustración 34. Mensaje de Advertencia.

- **Análisis de BBDD**

Con estas características determinadas y ubicadas en variables, se procede a la selección de los equipos que cumplen con estos requisitos. Como se quieren comprobar varias condiciones posibles en la elección del equipo a automatizar, se utiliza un CASE para cada equipo listado en el ComboBox.

A cada uno de los CASE se anida un condicional If, cuya operación lógica está en función de las variables de entrada y salida requeridas por el usuario. Si esta condición se cumple, se guarda el dispositivo de control y sus características en un vector llamado equipo(i). Además, hay un bucle While, con el cual se recorre toda la tabla de controladores hasta encontrar una casilla vacía. Se genera también una instrucción de celda ActiveCell.Offset.Select, la cual activa la celda siguiente con el fin de evaluar todos los controles de la hoja de Excel, hasta encontrar una casilla vacía.

- **Mostrar Controladores**

Para mostrar los controladores se da paso a otro formulario dinámico, es decir que genera datos según el análisis previo, para imprimirlos posteriormente. Ya que no se puede tener un número

determinado de controladores, se generan según los datos guardados en el vector equipo(), cada que se ejecute el programa.

Por tanto, los controladores son adicionados como objetos, con la función Set, para luego darles las propiedades físicas necesarias, como el nombre, posición y título. Se adicionan tantos controladores como objetos hallan en el vector, generando una imagen del equipo, un Label con el nombre y otro con una pequeña descripción y por ultimo un botón con la función de agregar.

- **Agregar Datos al Formato de Facturación Final**

Ya que los botones fueron agregados, se debe crear la propiedad que determinara su función al ser activados. Por ende se crea una clase, en la cual se generar las instrucciones para imprimir los datos del equipo de control seleccionado por el usuario en la hoja de Excel con el formato de facturación final, donde se muestra el nombre del controlador, una pequeña descripción y el precio de este.

Se crea una función, llamada celdavacia(), la cual indica la posición en la cual se pueden imprimir estos datos, activando la celda disponible en el formato de facturación. Esta función es llamada al dar click en el botón agregar, para mostrar los datos después de establecer la celda donde se posicionaran, dándole el valor de las variables guardadas en el vector equipo().

CODIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO
OPN-APP	App controller	\$ 205,00

Ilustración 35. Información Final Mostrada en el Formato de Facturación.

5.1.4 Definición de las Funciones

El programa cuenta con cuatro funciones principales, dispuestas en cuatro botones que llevan a nuevos formularios, dispuesto así por ser más gráfico y amigable con el usuario. El primero lleva a un nuevo formulario con las opciones referentes a “Interfaz de Usuario”, donde se elige el i-Vu que se ajuste de mejor manera a las necesidades del cliente actual con un botón de agregar, que imprime el código, nombre y precio de dicho controlador en la plantilla de Excel.

El siguiente es el botón de “Controladores”, que cuenta con la función más trascendental del sistema, la cual realiza la evaluación de la lista de controladores con el fin de determinar cual cumple las condiciones para el equipo previamente seleccionado, además de verificar si cuenta con el número de entradas y salidas necesarias para determinada función. Para este punto se hace necesario el ingreso de datos por parte del usuario, ya que en esta función se realiza una operación de comparación entre dichas variables y un inventario preestablecido, buscando aquellos controladores que sean compatibles con el equipo a automatizar y cuyo número de entradas y salidas sea mayor o igual a las solicitadas.

Este botón lleva entonces a un nuevo formulario, donde se realiza una interfaz dinámica, es decir, que esta se modifica según los datos que obtenga de la función de comparación previamente

realizada, mostrando cada uno de los controladores que cumplen con las condiciones establecidas. Esto se logra mediante la creación de objetos, para la aparición y manipulación de las herramientas (Imágenes, Etiquetas y Botones), y la implementación de una clase donde se realiza el procedimiento de imprimir en la plantilla de Excel los datos requeridos del control elegido, al hacer click en el botón “Agregar”.

La tercera función se encarga de la selección de sensores, que realizan un filtro según algunos criterios de la variable a medir, especificados en el formulario. Se realiza nuevamente una comparación, con el fin de buscar en un inventario la referencia de sensores que cumplen con los requerimientos ingresados por el usuario, que finalmente se adicionan a la plantilla al seleccionar el botón agregar. Y por último, está la función para escoger los últimos dispositivos adicionales de red, que están listados junto con sus características, que únicamente imprime en la plantilla.

5.2 PROCEDIMIENTO FINAL

Para seleccionar el equipo de control adecuado para cada proyecto, se diseña una metodología de trabajo que ordene y sistematice el proceso, cuyo objetivo es la mejora en la competitividad, disminuyendo tiempos de respuesta y mejorando la comunicación con los clientes.

Parte de esta metodología consiste en un sistema informático encargado de parametrizar algunos datos, con el fin de responder a las necesidades específicas que plantea cada cliente. Sin embargo, los datos de entrada para este programa deben ser definidos correctamente por el usuario, del mismo modo que el filtro final de selección.

Con este conjunto de pasos se busca escoger el equipo que cumpla con los diferentes requisitos planteados por el cliente, evaluando aspectos funcionales y técnicos, para lo cual se hizo necesaria la recopilación de información de cada uno de los controladores, que son los componentes principales para cualquier proyecto de automatización.

1. **Identificar Objetivos:** Se deben revisar detenidamente los requisitos enviados por cada cliente, con el fin de especificar los equipos mecánicos requeridos, su ubicación en el edificio, las acciones de control a implementar y los sensores y actuadores que intervienen en el proceso.

A partir de este estudio se puede determinar la aplicación que debe cumplir cada controlador, ya que puede ser específica para un equipo o programable para integrar diferentes equipos HVAC o aplicaciones complementarias de automatización de edificios, ya que dependiendo de la facilidad de unificación de varios equipos a un solo controlador se puede lograr mayor facilidad en instalación y ahorro en costos.

Por tanto, se busca generar una matriz de control del proceso por cada equipo o conjunto de equipos, que serán el objetivo a controlar.

2. **Obtener Puntos de Control:** Por sección o controlador se definen el número de entradas y salidas requeridas para el control del equipo o equipos objetivo, además de su configuración, es decir si la señal solicitada es binaria o análoga. Estos serán los factores de caracterización implicados en el objetivo de control.

De esta forma, se logra el filtro principal para la selección de los controladores, ya que no todos cuentan con suficientes puertos, siendo el hardware el principal limitante de la funcionalidad de cualquier PLC.

Tabla 1. Matriz de Control del Proceso.

OBJETIVO DE CONTROL				
Operaciones de Control	Entradas Análogas	Entradas Digitales	Salidas Análogas	Salidas Digitales

Se procede a llenar entonces la matriz de caracterización del proceso con los siguientes parámetros: Se deben enumerar cada uno de los componentes que harán parte del proceso de control, que son los diferentes sensores y actuadores integrados para realizar determinada operación, listando las acciones de control que deben ser llevadas a cabo.

Por último se evalúa el tipo de señal producida por los sensores, que puede ser continua o a pulsos, del mismo modo que el tipo de señal que define la acción de control que pone en funcionamiento los actuadores, que principalmente son motores para ventiladores o bombas, y válvulas.

Para los motores, se sabe que las señales deben ser a pulsos si se quiere controlar la potencia de trabajo en tres velocidades determinadas por la conexión entres bobinas, o una señal continua si se quiere trabajar por medio de variadores de frecuencia. Para las válvulas, la señal a pulsos indica si hay o no flujo de agua o refrigerante, mientras las señales proporcionales indican cierto flujo de líquido.

A continuación, se listan las matrices de cada uno de los equipos, teniendo en cuenta los sensores y actuadores que deben estar presentes para un funcionamiento básico en aplicaciones de aire acondicionado, según esquemas del numeral 4.1.

Tabla 2. Matriz de Control del Fan Coil según Ilustración 15. Fan Coil Unit.

FAN COIL AGUA FRÍA				
Operaciones de Control	Entradas Digitales	Entradas Análogas	Salidas Digitales	Salidas Análogas
Estado del ventilador	X			
Estado de los filtros	X			
Sensor de temperatura		X		
Paso de agua en la válvula			X	
Velocidad del ventilador			X	

La matriz anterior indica que el controlador supervisará continuamente el estado del ventilador por medio de un sensor de presión diferencial, que mide la fuerza producida por el movimiento de aire a cierta velocidad y actúa como un suiche: Al haber un fallo en la operación del motor, este suiche se activa produciendo una alarma. Del mismo modo, se tiene un interruptor de presión diferencial que supervisa el estado de los filtros, generando una alarma si el suiche se cierra, indicando que los filtros están sucios. El motor que acciona el ventilador debe ser de tres velocidades, configurable según la demanda de aire acondicionado.

La temperatura de suministro o retorno es medida constantemente; generalmente por un termostato, ya que este es el indicador de control o SetPoint que pondrá en funcionamiento a su vez una válvula de dos vías, que permita el paso de agua o lo restrinja, según las necesidades de temperatura en el espacio acondicionado.

Adicionalmente, el cliente puede solicitar mandos para el arranque o paro de la operación, que adiciona dos señales digitales de entrada, que pueden depender de un sistema externo como detectores de humo.

Tabla 3. Matriz de Control de Unidad Manejadora de Aire según Ilustración 16. Unidad Manejadora de Aire.

UNIDAD MANEJADORA DE AIRE				
Operaciones de Control	Entradas Digitales	Entradas Análogas	Salidas Digitales	Salidas Análogas
Estado del ventilador	X			
Estado de los filtros	X			
Sensor de temperatura		X		
Paso de agua en la válvula				X
Velocidad del ventilador				X

Esta matriz se diferencia por la salida análoga para los motores encargados de accionar los ventiladores, que indican que deben ser apropiados para trabajar con frecuencias variables. Esta variación se realiza con el fin de mantener un caudal de aire constante, sin importar las perturbaciones existentes en los filtros.

También se tiene una salida análoga que controla la válvula motorizada, lo cual indica que la modulación de esta es proporcional, y permite el paso de cierta cantidad de agua con el fin de mantener la temperatura de aire de descarga en el punto de ajuste.

Tabla 4. Matriz de Control del Sistemas de Agua Fría según Ilustración 17. Sistemas de Agua Fría Volumen Constante.

SISTEMAS DE AGUA FRÍA				
Operaciones de Control	Entradas Digitales	Entradas Análogas	Salidas Digitales	Salidas Análogas
Estado de bombas	X			
Sensor temperatura del agua		X		
Sensor presión del agua		X		
Encendido de la bombas			X	
Encendido del Chiller			X	
Paso de agua en la válvula ByPass				X

Este proceso requiere de bombas, cuyo estado es supervisado por medio de sensores de diferencial de presión de agua. Además, se hace necesario la instalación de manómetros para la constante medición de presión del agua que ingresa al equipo, asegurando que no sean inferiores a los permitidos por las bombas; y termómetros para la medición de la temperatura de retorno y suministro del agua, que indicarán la eficiencia del proceso de intercambio de calor que se tiene en el momento.

En cuanto a las salidas, se tiene un interruptor que enciende las bombas y el chiller para empezar el proceso, y una salida análoga correspondiente a la válvula ByPass, que dejará fluir cierta cantidad de agua dependiendo la saturación que haya en el circuito, con el fin de aliviar ruidos, vibraciones o cavitaciones.

Si el circuito de control requiere bombas para caudal variable, se debe suministrar variadores de frecuencia que se encargue de ajustar un diferencial de presión en las tuberías de agua fría, por tanto se adicionaría una salida análoga por bomba.

Tabla 5. Matriz de Control de Equipo de Expansión Directa según Ilustración 20. Equipo de Expansión Directa o Paquete.

EQUIPO DE EXPANSIÓN DIRECTA				
Operaciones de Control	Entradas Digitales	Entradas Análogas	Salidas Digitales	Salidas Análogas
Estado del ventilador	X			
Estado de los filtros	X			
Sensor de temperatura		X		
Encendido de ventiladores			X	
Encendido de compresores			X	

Para el circuito donde circula el refrigerante, además de las consideraciones previamente mencionadas, se debe tener una señal que encienda los compresores con la secuencia adecuada, asegurando el correcto funcionamiento del equipo, además de monitorear las presiones a la entrada y salida de estos, asegurando la eficiencia del proceso de refrigeración.

- Selección de Interfaz de Usuario: Se debe escoger un dispositivo que integra todos los controladores con la interfaz de usuario ubicada en internet. Se tienen únicamente dos opciones, y la elección se da al seleccionar el botón agregar.



Ilustración 36. Interfaz de Selección de Control Principal i-Vu.

- Selección del Controlador: Con las acciones de control a ejecutar y el número de entradas y salidas determinado, se procede a la selección del controlador que cumpla con las características de software y hardware para cada aplicación, con la ayuda del programa establecido. Este arroja sugerencias sobre los diferentes controladores que cumplen con todas las características para determinada aplicación.



Ilustración 37. Interfaz del Programa de Selección Principal.

En este punto se debe especificar el equipo a automatizar, cuyas opciones son los equipos de refrigeración previamente vistos o aplicaciones de automatización de edificios. Y por último, se debe escribir el número de entradas y salidas, previamente determinado.

Al dar click en el botón “CONTROLADORES”, se despliega una nueva interfaz, con un listado de los controladores que se ajustan a las características pedidas, y una descripción que los diferencia unos de otros, para que el usuario de el criterio final sobre cuál es el más apto para la aplicación que se está evaluando en ese momento, agregándolo a la lista de elementos a cotizar para el cliente.

5. Selección de Sensores: Al seleccionar esta opción, se conduce al usuario a este nuevo registro, en el cual se deben escoger las características del sensor seleccionando la variable a medir, su ubicación o el fluido con el cual estará en contacto y si es suiche o transmisor, es decir si se requiere una señal digital o continua. Posteriormente, en el último cuadro se listarán las referencias existentes que cumplen con las características ingresadas.

Selección de Sensores

☒ PRESIÓN ☒ AIRE

☐ AGUA

☐ TEMPERATURA ☐ INMERSIÓN

☐ DUCTO ☐ INTERPERIE

☐ HABITACIÓN

☐ FLUJO ☐ AGUA

☐ AIRE

☐ GAS ☐ TEMPERATURA/CO2

☐ CO2 ☐ CO2

☐ HUMEDAD ☐ DUCTO

☐ INTERPERIE ☐ HABITACIÓN

Ilustración 38. Interfaz de Selección de Sensores.

6. Selección de Dispositivos de Red: Por último se analiza el listado de estos dispositivos, después de establecer la cantidad de controladores necesarios y su posible ubicación en el edificio, estableciendo si la conexión de la red debe contar con varios segmentos, repetidores o tarjetas de integración a la red BACnet.

5.3 EVALUACIÓN

Durante todo el desarrollo del software se realizó un proceso de pasos consecutivos que comenzó con el análisis de los diferentes requisitos del programa, para seguir con la creación de diseño, la programación y por último pruebas e implementación. Sin embargo, en cualquier parte del proceso donde se mostró un fallo o error, se realizó la retroalimentación necesaria para su correcto funcionamiento.

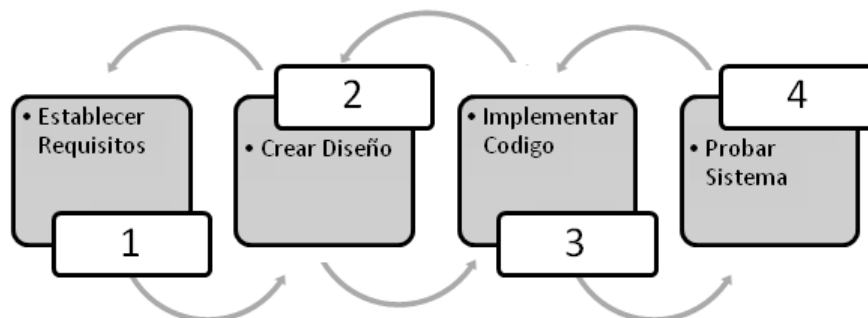


Ilustración 39. Proceso de Desarrollo.

De esta forma, se aseguró que el proceso este depurado al pasar al siguiente paso, evitando grandes cambios desde el inicio de la metodología.

La mayoría de los errores de compilación fueron corregidos en la etapa de diseño y generación del código, por medio de las ayudas de Visual Basic que se encargan de identificar la línea de error y si son problemas en sintaxis, compatibilidad de datos o de diseño de código. Adicionalmente, se buscó darle robustez al programa, anticipándose a posibles problemas, por medio de advertencias, información redundante o suposiciones que deben ser verdaderas para ejecutar el programa. Para esto se usaron datos ejemplo, simulando posibles casos que puedan encontrar lo usuarios finales.

Por último, el programa fue puesto a prueba directamente con los empleados de Refrimel E.U., con el fin de saber si se cumplieron las expectativas o solicitudes de estos, y si el diseño de la interfaz es funcional y de fácil acceso. Los resultados obtenidos por la metodología en general son satisfactorios, entregando una cotización formal que puede ser enviada directamente a los clientes, entregando información clara y de forma ágil, reduciendo los tiempos de respuesta de 15 a un día.



Ilustración 40. Comparación del Tiempo de Respuesta para los Clientes, Aplicando la Metodología Diseñada.

Las ventajas obtenidas son entonces velocidad de respuesta al cliente, versatilidad al poder contar con paquetes de cotizaciones variando precios y calidad de equipos para un mismo proyecto y una mejora en la respuesta técnica ya que el uso de la metodología permite a los empleados de Refrimel E.U. manejar la información de control y automatización de primera mano, al organizar la información de forma que el acceso a esta sea fácil y rápida.

En resumen se generan mejores condiciones de servicio y fortalecimiento frente a la competencia, ya que esta metodología asegura ventas de equipos mecánicos que dependen del control o que adiciona un valor agregado por parte de este.

6. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

- Como requerimiento útil para los clientes que demandan cotizar equipos automatizados de refrigeración en la empresa, se identificó la condición de trabajo de los equipos mecánicos que conforman la central de enfriamiento, buscando la programación más eficiente al operar a cargas parciales o plenas del sistema de refrigeración. A partir de estos se determinan las principales características que han de tener los controladores.
- Se generaron dos bases de datos con los controladores y sensores necesarios para el control y automatización de distintas aplicaciones. Ambas tablas se relacionan por medio de datos de hardware, específicamente el tipo y número de entradas o salidas con las que cuentan los controles y la señal producida por los sensores, filtro esencial para la selección de equipos de control.
- El tipo de cotización generada se caracteriza por entregar información detallada sobre los productos ofrecidos al cliente de manera ágil y versátil, esclareciendo condiciones de pago y aspectos de evaluación del producto a ofrecer.
- La metodología diseñada consta de tres pasos bien diferenciados: La identificación de acciones de control necesarios para la automatización de los equipos de refrigeración, la clasificación de puntos de control en una matriz compuesta por información del número y configuración de las entradas y salidas necesarias para cada operación de control y finalmente, la selección del controlador, interfaz de usuario, sensores y dispositivos de red con ayuda del software entregado.
- Se diseñó una interfaz de usuario usando el software Visual Basic For Applications, integrado a Microsoft Excel, con el cual se recorren y analizan las bases de datos. Esta operación permite seleccionar los controladores y dispositivos de control ideales para determinada aplicación según señales leídas y generadas. Se evaluó cada uno de los dispositivos enlistados, mostrando los más óptimos que serán seleccionados por el usuario y finalmente agregados al formato de cotización.
- Se realizaron pruebas siguiendo una serie de pasos consecutivos desde el análisis de los requisitos de funcionamiento del programa, su diseño y programación, hasta la implementación en la empresa, obteniendo resultados favorables en velocidad de respuesta, al generar una cotización formal en horas que puede ser entregada directamente al cliente.
- La metodología propuesta es adaptable a otros sistemas de refrigeración diferentes de Chillers, como a cajas de volumen variable o sistemas de expansión directa, siendo necesaria para estos casos la identificación del lazo de control que interviene en el proceso.

BIBLIOGRAFÍA

ACI. (2013) *Sensor & Transmitter Catalog*.

ACR Latinoamerica. (2013) *HVAC Respira Optimismo en Colombia*.

AUTOMATEDLOGIC. *Automated Logic Building Automation Products*. Obtenido el 27 de 10 del 2013, de <http://www.automatedlogic.com/products/>

CABELLO PORTERO, Enrique M. *Curso de VBA Excel*. Obtenido el 11 de 11 del 2013, de <http://cursoVisualBasicexcel.wordpress.com/>

CARRIER. (s.f) *Carrier Building Management System*.

CARRIER. (s.f) *Carrier MSTP BACnet Control Systems*.

CARRIER. (s.f) *BACnet and MS/TP Networking in the i-Vu Open System*.

CARRIER. (s.f) *Product Integrated Control Options*. [Capacitación]

CARRIER. (2010) *MS/TP Networking/Wiring: Installation Guide*.

CARRIER. (s.f) *iVu Open Controllers ans SPT Sensors Hardware Overview*.

CARRIER. (2010) *Network Devices: Part Numbers: REP485, PROT485, & BT485*.

CHIESA, Florencia. (2004) *Metodologia para Selección de Sistemasis ERP*. Centro de Ingenieria del Software e Ingenieria del Conocimiento (CAPIS). Instituto Tecnologico de Buenos Aires.

CHOON NG, Kim. *Mechanical Chillers*. (2004) Obtenido de <http://www.globalspec.com/reference/57924/203279/b-mechanical-chillers>

COPELAND. (2000) *Manual de Refrigeracion*.

DEITEL, H. M. DEITEL, P. J. (1992) *C How to Program*. Ed. Prentice – Hall.

DORREGARAY PORTILLA, Gustavo. (2008) *Diseño del Sistema de Aire Acondicionado de una Oficina Zonal Publica en Pucallpa*. Facultad de Cienias e Ingeniería. Pontificia Universidad Catolica del Perú.

DOSSAT ROY J. (2001) *Principio de Refrigeración*. Ed. CESCA.

FRYE, Curtis. (2001) *Microsoft Excel Paso a Paso*. Ed. McGraw - Hill Inc.

FUNDIBEQ. *Diagrama de Flujo*. Obtenido el 11 de 09 del 2013, de http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_flujo.pdf

- FUNDIBEQ. *Diagrama Matricial*. Obtenido el 11 de 09 del 2013, de http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/metodology/tools/diagrama_matricial.pdf
- HONEYWELL. (s.f) *Honeywell Engineering Manual of Automatic Control for Commercial Buildings*.
- HOYOS, Bibian. MEJÍA, Marta. (2009) *Fundamentos de Termodinámica Clásica para Ingeniería*.
- HVAC PARTNERS. *Carrier Comercial Controls*. Obtenido el 27 de 10 del 2013, de http://www.new.hvacpartners.com/PartnerPortal/HomeNavigation.aspx?Title=COMMERCIAL&Root=HVACP_Commercial&Content=http://www.general.hvacpartners.com/general/0,,CLI1_DIV21_ETI13625_NBD0,00.html
- JOSE TOVAR Y CIA. (2013) *Interquirofanos Medical, Aire Acondicionado y Ventilación Mecánica*.
- MORAN, Michael J. SHAPIRO, Howard N. (2004) *Fundamentos de Termodinámica Técnica*. Segunda Edición. Ed. Reverté S.A.
- MARTINEZ, Isidoro. (1992) *Termodinámica Básica y Aplicada*. Ed. Dossat S.A.
- MENDOZA MARTÍNES, Cesar A. (s.f) *Sistemas de Control, Secuencia y Término de los Ingresados en Centros de Readaptación Social del Estado de Hidalgo*. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- MICROSOFT CORPORATION. (1998) *Manual del Programador*. Ed. McGraw - Hill Inc.
- MICROSOFT, Developer Network. *Microsoft Visual Basic FoxPro 6.0*. Obtenido el 8 de 11 del 2013, de [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee814737\(v=office.14\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee814737(v=office.14).aspx)
- MOVACS. *How Your System Works*. Obtenido el 24 de 08 del 2013, de <http://www.movacs.com/How%20it%20works/index.htm>
- RESTREPO, José L. (2011). *Máquinas Térmicas*.
- RODRIGUEZ, Jorge A. (2004) *Introducción a la Termodinámica con Algunas Aplicaciones de Ingeniería*.
- SALVADOR ESCODA S.A. *Mundo Clima: Curso de Formación Técnica*. Obtenido el 15 de 08 del 2013, de http://www.salvadorescoda.com/tecnico/mundoclima/Curso-Tecnicos-v2007_1.pdf
- TREJO GARCÍA, Pedro Manuel. REYES ABUNDIS, Humberto. (2009) *Cálculo y Selección de un Sistema de Aire Acondicionado para un Teatro en Puerto Vallarta*. Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Instituto Politécnico Nacional Azcapotzalco.
- WARK, Keneneth. (2001) *Termodinámica*. Sexta Edición. Ed. McGraw - Hill Inc.
- WEG. (2011) *BACnet: Manual del Usuario*.

WYLEN, Van. (2002) *Fundamentos de Termodinámica*. Segunda Edición. Ed. Limusa.

ZEPEDA SÁNCHEZ, Leopoldo Z. (2008) *Metodología para el Diseño Conceptual de Almacenes de Datos*. Departamento de Sistemas Informáticos y Computación. Universidad Politécnica de Valencia.

ANEXO 1

CONTROLADOR	CODIGO	Entradas Binarias	Entradas Análogas	Salidas Binarias	Salidas Análogas	APLICACIÓN
i-VU Open Link	CIV-OL					
i-VU Open Router	CIV-OR					

VVT ByPass	OPN-VVTBP	0	1	0	1	Cajas de volumen variable
VVT Zone Damper	OPN-VVTZC	1	3	3	1	Cajas de volumen variable
VAV Fan Terminal	OPN-VAVB3	1	3	3	1	Cajas de volumen variable
VAV Single Duct	OPN-VAVB1	1	3	1	1	Cajas de volumen variable
Fan Coil Open	OPN-FC	2	4	5	3	Fan Coil
Open Unit Ventilator	OPN-UV	2	4	5	3	Unidad Ventilador
Open Rooftop	OPN-RTUM	5	6	7	1	Paquetes
Open WSHP	OPN-WSHPM	4	4	8	2	WSHP
Universal Controller	OPN-UC	6 confi	6 confi	5	0	Varios BAS
Universal Controller	OPN-UCXP	12 confi	12 confi	6	6	Varios BAS y HVAC
Universal Controller IO	OPN-UCXPIO	8	8	8	0	Extensor
UPC Open	OPN-UPC					
App controller	OPN-APP	6 confi	6 confi	5	3	Varios HVAC
Multipurpose Controller	OPN-MPCXP	12 confi	12 confi	0	8	Varios BAS y HVAC
Multipurpose Controller IO	OPN-MPCXPIO	8 confi	8 confi	0	4	Extensor

* Las entradas configurables, indican que el usuario puede determinar si la entrada recibe señales de 0-5V, 0-10V, 0-24V, 4-20mA.

ANEXO 2

SEÑAL	TIPO	CODIGO
Differential Pressure Trans	Air	2601-MS2

Differential Pressure Trans	Air	2641-005WD-11-A1-C
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-10-20-E
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-1-5-E
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-2-10-E
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-5-20-E
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-5-5-E
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-10-5-E
Differential Pressure Trans	Air	A/LP-2-5-E
Differential Pressure Switch	Air	AFS-222
Differential Pressure Switch	Air	AFS-262
Differential Pressure Trans	Liquid	231G-MS3-2F-D
Differential Pressure Trans	Liquid	231G-MS1-2FD
Differential Pressure Trans	Liquid	2301-100PD-3V11-B
Differential Pressure Trans	Liquid	231G-MS2-2F-D
Differential Pressure Switch	Liquid	24-014
Gage Pressure Trans	Liquid/Gas/Air	A/GP-[0-100]-NEMA4
Temperature	Immersion Sensor	A/5K-1-4"-WW--PB
Temperature	Immersion Sensor	A/CP-1-4"-WW--PB
Temperature	Immersion Sensor	A/10KS-I-4"-WW--PB
Temperature	Duct Mount	A/CP-BP-10FT
Temperature	Duct Mount	A/CP-D-8"-PB
Temperature	Duct Mount	A/CP-A-8'-GD
Temperature	Duct Mount	33ZCSENDAT
Temperature	Duct Mount	33ZCSENSAT
Temperature	Duct Mount	33ZCSENPAT
Temperature	Outdoor	A/CP-O-BB
Temperature	Wall Mount	HH/10K-CP-RO
Temperature	Wall Mount	HH/10K-CP-RSO

SEÑAL	TIPO	CODIGO
Water Flow Switches	Water	FS-2-CND
Water Flow Switches	Water	TSP110
Insertion Flow Meters	Water	F-1110-CHW-
Insertion Flow Meters	Water	F-1300
Air Velocity Transducer	Air	EE65-VB3
Temp/CO2 Gas Transmitter	Wall Mount	33ZCT55CO2
Temp/CO2 Gas Transmitter	Wall Mount	33ZCSPTCO2-01
Temp/CO2 Gas Transmitter	Wall Mount	33ZCSPTCO2LCD-01
CO2 Gas Transmitter	Wall Mount	TR9294-A
CO2 Gas Transmitter	Duct Mount	A/ESENSE-D-5
CO2 Gas Transmitter	Duct Mount	KCD-D-V
Gas Transmitter (CO)	Wall Mount	TR2000-CO
Gas Transmitter (CO)	Wall Mount	CMD5B6000
Gas Transmitter (CO)	Wall Mount	A/CO-R
Gas Transmitter (CO)	Network	GDN-BCO
Humidity/Temp	Wall Mount	A/RH3-10K-CP-R
Humidity/Temp	Wall Mount	A/RH5-10K-CP-R
Humidity/Temp	Wall Mount	HH/RH3-10K-CP-RSO-RJ6
Humidity Sensor	Wall Mount	A/RH3-R
Humidity Sensor	Wall Mount	33ZCSENSRH-02
Humidity/Temp	Duct Mount	A/RH5-10K-CP-D
Humidity/Temp	Duct Mount	A/RH3-10K-CP-D
Humidity Sensor	Duct Mount	33ZCSENDRH-02
Humidity Sensor	Duct Mount	A/RH3-D
Humidity/Temp	Outdoor	A/RH5-10K-CP-O
Humidity Sensor	Outdoor	A/RH3-O
Humidity Sensor	Outdoor	33ZCSENORH-02

ANEXO 3



No. Cotización:

1. El precio es fijo y se mantendrá en vigor durante 30 días.
2. No hay impuestos, permisos y servicios adicionales a los incluidos en la propuesta anterior, a menos que se indique lo contrario.
3. Términos del envío: Carga no incluida.
4. Condiciones de pago: En efectivo o carta de aprobación de crédito a menos que se indique lo contrario.
5. Carrier no acepta y no se hace responsable de cualquier requisito del propietario o contratista, a menos que se acuerde expresamente por escrito.
6. Para validar la garantía, la puesta en marcha de los equipos debe ser realizado por personal autorizado por Carrier.
7. El tiempo estimado de entrega es de 4 semanas después de ser aprobado por el departamento de crédito.



ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA

ACTA DE EVALUACIÓN FINAL DE TRABAJO DE GRADO

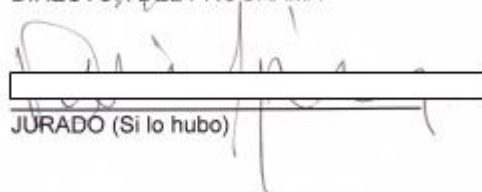
Fecha: (dd/mm/aa)	05 / 11 / 2013								
Nombre del proyecto:	Modelo de cotización para la automatización y control de equipos.								
Director del proyecto:	Hernán Darío Melguizo								
<table border="1"><tr><td>Nombre del estudiante</td><td>Programa académico</td></tr><tr><td>Laura Marcela Melguizo Nossa</td><td>Ingeniería Mecatrónica</td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr></table>		Nombre del estudiante	Programa académico	Laura Marcela Melguizo Nossa	Ingeniería Mecatrónica				
Nombre del estudiante	Programa académico								
Laura Marcela Melguizo Nossa	Ingeniería Mecatrónica								
Nombre del Jurado:									
Evaluación del proyecto: Espacio exclusivo para jurado									
<input type="checkbox"/> No aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado sin mención									
<input type="checkbox"/> con Mención Pública <input type="checkbox"/> con Mención honorífica <input type="checkbox"/> Trabajo laureado									
Justificación del reconocimiento: (Artículo 28 del Acuerdo 11: "El director del Programa presentará el acta final de evaluación al Consejo Académico, donde consta la solicitud de mención especial debidamente justificada y el Consejo determinará si se otorga o no")									



DIRECTOR DEL PROGRAMA



DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



JURADO (Si lo hubo)

